



GERALDO MAGELA DE SOUSA

**ESTUDO DA ÓTICA GEOMÉTRICA:
UTILIZANDO RECURSOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
E COMUNICAÇÃO (TIC)**

LAVRAS – MG

2021

GERALDO MAGELA DE SOUSA

**ESTUDO DA ÓTICA GEOMÉTRICA:
UTILIZANDO RECURSOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
(TIC)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Nacional no Ensino de Física, área de concentração Física, para a obtenção do título de Mestre.

Dra. Helena Libardi
Orientadora

Dra. Silvia Maria Medeiros Caporale
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a)**

Sousa, Geraldo Magela de.

Estudo da Ótica Geométrica : utilizando recursos da
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) / Geraldo
Magela de Sousa. – 2021.

96 p. : il.

Orientadora: Dra. Helena Libardi.

Coorientadora: Dra. Silvia Maria Medeiros Caporale.

Dissertação (Mestrado Profissional)–Universidade Federal
de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Ensino. 2. Física. 3. Tecnologia. 4. Óptica Geométrica.
I. Libardi, Helena II. Caporale, Sílvia Maria Medeiros.

GERALDO MAGELA DE SOUSA

**ESTUDO DA ÓTICA GEOMÉTRICA: UTILIZANDO RECURSOS DA TECNOLOGIA
DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Nacional no Ensino de Física, área de concentração Física, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 8 de Dezembro de 2021.

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel UFLA
Prof. Dr. Jefferson Adriano Neves UFLA
Prof. Dr. Sílvio Luiz Souza Cunha UFRGS

Dra. Helena Libardi
Orientadora

Dra. Silvia Maria Medeiros Caporale
Co-Orientadora

**LAVRAS – MG
2021**

Aos meus pais Geraldo de Souza e Maria José, pelo incentivo constante à educação; Aos meus irmãos Márcio, Lidia, Laudimira e Lívia, pelo apoio incondicional em todos os momentos e instantes em que precisei; Aos meus filhos Mariana e Marcus Vinícius, e à minha esposa Dângela pela constante inspiração e também pela compreensão em meus momentos de ausência durante os estudos e elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por prover-me de atributos e do amparo necessários para que eu alcançasse meus objetivos.

A todos os meus Professores da Universidade Federal de Lavras, em especial à minha orientadora Dra. Helena Libardi e aos Professores Dr. Antônio Marcelo, Dr. Antônio dos Anjos, Dr. Ulisses Leitão, Dra. Iraziet Charret, Dr. Jefferson Neves, agradeço pelos ensinamentos transmitidos, os quais propiciaram a realização deste trabalho.

Aos colegas de turma Dircelene, Igor, Aleandro, Juciane, Wanderson, Samuel, Christian, Davidson, Cilken e Douglas pela convivência, amizade, compartilhamento de conhecimentos e experiências durante nossa jornada acadêmica.

*“...educação é aquilo que fica quando você
esquece o que a escola ensinou...”
(Albert Einstein)*

RESUMO

A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) está presente no cotidiano das pessoas. No trabalho, no lazer, na saúde, embarcada nos eletrodomésticos, nos veículos e automações industriais. Mas, na área da educação, ainda é um recurso escasso, principalmente no ensino das escolas públicas. Nos perguntamos se, para a geração nativa digital, que nasceu envolta em um ambiente tecnológico, a Tecnologia da Informação e Comunicação poderá contribuir como um agente motivador no ensino da Física, promovendo a apropriação do conhecimento. Neste trabalho, procuramos explorar a motivação do estudante para o estudo da Física e a contribuição de um software de simulação de fenômenos físicos como um recurso didático, em uma escola pública para o ensino médio. Sob o tema de estudo “A Óptica Geométrica”, procuramos avaliar o uso do celular como um recurso didático para a prática de laboratórios virtuais e a contribuição do uso de software de simulações de fenômenos físicos como um facilitador no processo ensino e aprendizagem. Seguindo os preceitos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sob o engajamento do estudante atual inserido no uso das tecnologias digitais, e referenciais teóricos de David Ausubel e Lev Vygosty, elaboramos uma sequência didática com um total de 10 aulas (cada aula com uma duração de 50 minutos), que foi desenvolvida com estudantes do 3º ano do ensino médio da etapa de Educação para Jovens e Adultos – EJA, em uma escola pública em Belo Horizonte, MG. Com a criação de instrumentos próprios de avaliação e de um questionário de avaliação motivacional (instrumento psicométrico), selecionamos e avaliamos os dados dos estudantes com atitudes não favoráveis ao estudo da Física. Em etapas pré e pós sequência didática, observamos, através destes instrumentos de avaliação sobre os dados coletados, a contribuição da tecnologia da informação como recurso didático para os estudantes da geração atual, denominada geração nativa digital, no engajamento e na apropriação do conhecimento na área do ensino de Física.

Palavras-chave: Ensino. Física. Tecnologia. Óptica Geométrica. Motivação.

ABSTRACT

Information and Communication Technology (ICT) is present in people's daily lives. At work, leisure, health, embedded in home appliances, vehicles and industrial automation. However, in the area of education, it is still a scarce resource, especially in public schools. We wonder if, for the digital native generation, which was born surrounded by a technological environment, Information and Communication Technology can contribute as a motivating agent in the teaching of Physics, promoting the appropriation of knowledge. In this work, we seek to explore the student's motivation for the study of Physics and the contribution of a physical phenomena simulation software as a teaching resource, in a public high school. Under the study theme "Geometric Optics", we seek to evaluate the use of the cell phone as a didactic resource for the practice of virtual laboratories and the contribution of the use of software for simulations of physical phenomena as a facilitator in the teaching and learning process. Following the precepts of the National Curricular Common Base (BNCC), under the engagement of the current student inserted in the use of digital technologies, and theoretical references of David Ausubel and Lev Vygosty, we elaborated a didactic sequence with a total of 10 classes (each class with a duration of 50 minutes), which was developed with students from the 3rd year of high school in the stage of Education for Youth and Adults - EJA, in a public school in Belo Horizonte, MG. With the creation of our own assessment instruments and a motivational assessment questionnaire (psychometric instrument), we selected and evaluated data from students with attitudes not favorable to the study of Physics. In pre- and post-didactic sequence stages, we observed, through these evaluation instruments on the data collected, the contribution of information technology as a didactic resource for students of the current generation, called digital native generation, in the engagement and appropriation of knowledge in the field of Physics teaching.

Keywords: Teaching. Physics. Technology. Geometric Optics. Motivation

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1 – O Espectro Eletromagnético	33
Figura 7.2 – Faixa do Espectro Eletromagnético sensível ao olho humano	33
Figura 7.3 – Oscilador LC para Baixas Frequências do Espectro Eletromagnético	34
Figura 7.4 – Representações de uma Onda Eletromagnética	36
Figura 7.5 – Vetores do Campo Elétrico	37
Figura 7.6 – Vetores do Campo Magnético	39
Figura 7.7 – Reflexão e Refração da Luz	42
Figura 7.8 – Reflexão e Refração da Luz	43
Figura 7.9 – Dispersão Cromática	45
Figura 7.10 – Índice de Refração para o Cristal de Quartzo por Comprimento de onda	46
Figura 7.11 – Dispersão Cromática - Decomposição da Luz por um Prisma	47
Figura 7.12 – Reflexão Interna Total - Ângulo Crítico	47
Figura 8.1 – Planilha 1 - Coleta de dados questionário motivacional	54
Figura 8.2 – Planilha 2 - Processamento de dados questionário motivacional	54
Figura 11.1 – Análise Questionário Motivacional	69
Figura 11.2 – Resposta Estudante ZL Questionário Teórico	75
Figura 11.3 – Resposta Estudante JN Questionário Teórico	75
Figura 11.4 – Resposta Estudante RN Questionário Teórico	76
Figura 11.5 – Cenário PhET - Atividade Cor e Visão	77
Figura 11.6 – Estudante ZL - Resposta Cor e Visão	77
Figura 11.7 – Estudante ZL - Resposta Luz	77
Figura 11.8 – Estudante ZL	78
Figura 11.9 – Cenário PhET - Desvio da Luz	78
Figura 11.10 – Resposta ZL - Laboratório Reflexão da Luz	79
Figura 11.11 – Respostas ST - Laboratório Reflexão da Luz	79
Figura 11.12 – Cenário PhET - Refração da Luz	80
Figura 11.13 – Resposta Estudante RN	81
Figura 11.14 – Opinião sobre o uso do Laboratório Virtual PhET	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 7.1 – Tabela de índices de Refração da Luz	44
Tabela 11.1 – Aproveitamento nas Atividades Questionário Eletrônico	82

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	12
2	INTRODUÇÃO	14
3	O ENSINO PARA A GERAÇÃO NATIVA DIGITAL	20
4	A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO	22
5	MOTIVAÇÃO	24
6	O QUE TEMOS NA LITERATURA	28
7	O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	32
7.1	Ondas Eletromagnéticas e o Espectro Eletromagnético	32
7.2	O Campo Elétrico Induzido	36
7.3	O Campo Magnético Induzido	39
7.4	Reflexão e Refração	41
7.5	Dispersão Cromática	44
7.6	Reflexão Interna Total	47
8	METODOLOGIA	49
8.1	Metodologia de Pesquisa	50
8.1.1	Instrumentos de coleta e análise de dados	51
8.1.2	Procedimento de análise dos dados	52
9	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	58
10	A PANDEMIA E O IMPACTO NA PESQUISA	63
11	ANÁLISE DOS DADOS	67
11.1	Questionário Motivacional (M)	67
11.1.1	Motivação inicial dos estudantes	67
11.1.2	Estudantes com indícios de desmotivação	73
11.2	Questionário Teórico (T)	74
11.3	Argumentação nos roteiros de laboratório (A)	76
11.4	Questionários Eletrônicos (E)	81
11.5	Questionário de Opinião (O)	83
11.6	Reavaliando o questionário motivacional e análise final	84
12	CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO SOFTWARE	88

13	CONCLUSÕES	90
	REFERÊNCIAS	92
	APENDICE A – Questionário Motivacional	95
	APENDICE B – Pesquisa de Opinião	96

LISTA DE ABREVIATURAS

AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem

BDTD Biblioteca Digital de Teses e Dissertações

BNCC Base Nacional Comum Curricular

EJA Educação para Jovens e Adultos

HTML Hyper Text Markup Language

INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

OMS Organização Mundial da Saúde

PCN Parâmetros Curriculares Nacionais

PDF Portable Document Format

PET Plano de Estudos Tutorados

PhET Physics Education Technology

SciELO Banco Digital Scientific Eletronic Library Online

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação

TCC Trabalho de Conclusão de Cursos

WiFi Wireless Fidelity

ZDP Zona de Desenvolvimento Proximal

1 APRESENTAÇÃO

A oportunidade de ministrar treinamentos para profissionais da área de tecnologia da informação e telecomunicações na empresa em que trabalho há mais de 30 anos, despertou o interesse, gosto e afinidade pela docência. Em razão deste fato, estendendo esta experiência docente para a área acadêmica no curso tecnólogo em Redes de Computadores em uma faculdade da rede particular de ensino na cidade de Belo Horizonte, em fevereiro de 2006, estive a cada ano mais envolvido com as atividades e a rotina de um professor.

Profissional da área de Telecomunicações e Tecnologia da Informação, mantive em minha vida profissional ambas as atividades correlacionadas ao processo de ensino e aprendizagem, procurando aliar o conteúdo teórico à prática.

Após 12 anos de docência, instruindo e preparando profissionais para o mercado de trabalho, participando de bancas de trabalho de conclusão de cursos (TCC) e, ao mesmo tempo, angariando experiência de estudantes e profissionais de carreira, experienciei, a partir do ano de 2017, a docência no ensino médio em escolas públicas estaduais. Uma realidade bastante diferente daquelas vivenciadas anteriormente, considerando aspectos como a falta de interesse dos estudantes e engajamento durante as aulas, no sentido de buscar o conhecimento com espontaneidade.

Nesta nova etapa, vislumbrando a clara realidade de falta de recursos técnicos e materiais didáticos escassos nestas instituições de ensino, vivenciei a necessidade de participar da melhoria da qualidade e condições do ensino nestes locais. É visível que a estrutura oferecida aos estudantes do ensino fundamental e médio nas escolas públicas carece de recursos atualizados no que tange ao material didático oferecido aos estudantes, infraestrutura tecnológica e a formação continuada de professores para o uso de recursos como multimídia e tecnologia.

As grandes diferenças encontradas entre a docência na graduação e no ensino médio foram o motivador para a busca de novas metodologias de ensino, pois a situação observada ao praticar a docência no ensino médio incentivou-me a buscar novos horizontes. Dentre tais diferenças, observei fatores como a desmotivação dos estudantes, passando pela carência de material didático que permita uma melhor exploração e apropriação dos conteúdos abordados, impossibilidade de reprodução de listas de exercícios e material complementar para a distribuição aos estudantes, como as mais relevantes. Outro fator que causou grande incômodo foi o fato dos estudantes não possuírem o livro didático em mãos. Na instituição de ensino que encontrava-me lecionando no ano de 2019, os livros encontravam-se disponibilizados na bibli-

oteca da escola, onde os estudantes raramente frequentavam, ou somente o faziam durante o período de sua permanência no ambiente escolar, o que torna-se um fator bastante prejudicial para o processo de ensino e aprendizagem, pois o livro didático é o contato mais direto do estudante com o conhecimento, sendo fonte de consulta nos períodos extraclasse, principalmente se o aluno não possui acesso a outras fontes.

Observa-se também que a maioria dos estudantes nestes estabelecimentos de ensino possui aparelhos celulares, aparatos tecnológicos que possuem sensores e recursos avançados, desenvolvidos com o avanço da ciência e tecnologia. Estes aparelhos, de certa forma, poderiam ser direcionados para a complementação do ensino com o uso de aplicativos didáticos que utilizem estes sensores ou recursos, estimulando os estudantes a testar o conhecimento, desenvolver atividades práticas e lúdicas, ou, até mesmo, resolvendo exercícios ou desafios de conhecimento.

Assim sendo, buscamos neste trabalho apresentar e utilizar dois destes recursos tecnológicos possíveis para o uso na área educacional, sob o foco da metodologia ativa. Apresentaremos um produto educacional que foi inicialmente planejado e desenvolvido sob o formato do ensino híbrido, concatenando aulas presenciais com recursos de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) para a execução de práticas de laboratórios através do uso de *softwares* de modelagem e simulação, tendo aparelhos móveis celulares ou *tablets* como parte integrante do processo, utilizando-os como recurso didático para o ensino e aprendizagem.

Com o advento da pandemia provocada pelo coronavírus, houve a necessidade de alteração do projeto inicial para a modalidade de ensino à distância (ensino remoto), mas mantivemos como base da proposta o AVA Moodle, sendo posteriormente adaptado para o Google Classroom, onde foram disponibilizados os conteúdos didáticos aos estudantes. Os resultados da análise do desenvolvimento deste produto são apresentados neste trabalho.

2 INTRODUÇÃO

O ser humano é dotado de grandes virtudes, tais como a inteligência, a curiosidade, a capacidade de raciocinar e aprender. Os métodos e meios com os quais aprendemos são alterados conforme o ser humano amplia seu conhecimento e socializa-se, em um ciclo de autotransformação de acordo com o avanço do tempo, do conhecimento e da tecnologia. Até o início do século XIX, a educação, assim como o acesso ao conhecimento, seria privilégio de poucos. Mais precisamente, segundo dados históricos, a educação e o conhecimento estavam vinculados à igreja, sendo que, após a revolução industrial, a qual teve início na segunda metade do século XVIII, por necessidade de mão de obra qualificada, o letramento e o conhecimento científico passou a ser uma necessidade da sociedade (VANINI; PAULA, 2018).

E sob este contexto, a área do conhecimento também tornou-se área de estudos, pesquisas e investigações. David Ausubel¹ e Lev Vygostky², teóricos da área do ensino e aprendizagem, mesmo que a princípio com ideais e filosofias diferentes, comungam do fato de que o engajamento e a motivação do estudante são fundamentais neste processo. Para que o aprendizado ocorra, é necessário que os aprendizes estejam engajados no processo de ensino. Este engajamento torna-se importante, pois, desta forma, o aprendizado passa a desenvolver-se de forma prazerosa e motivadora, não se transformando em uma obrigação ou uma penalidade para o estudante.

Para Vygostky, o desenvolvimento cognitivo ocorre através da interação social e também através do meio no qual o indivíduo encontra-se inserido. O aprendizado ocorre através do uso de instrumentos e signos, e o professor deve ser o mediador do processo de aprendizagem. Este deve utilizar-se de estratégias para propiciar a criação de uma zona de desenvolvimento proximal, facilitando assim o processo de aprendizagem do estudante. Esta teoria, elaborada por Vygostky, é referenciada por Lopes e Pimenta (2017), enfatizando a questão motivacional por parte do estudante e a obtenção da melhoria de resultados no aprendizado sob estas condições de ensino:

Segundo pesquisa realizada por Oliveira e Villard (2005), as teorias sociointeracionistas são as que mais apresentam ideias convergentes ao uso de tecnologias na educação. Vygostky (1996), em sua teoria de aprendizagem, defende que o desenvolvimento cognitivo do aluno ocorre por meio da interação social, isto é, de seu contato com outros indivíduos e também com o meio em que está

¹ David Paul Ausubel (1918-2008) - Pesquisador norte-americano teórico da aprendizagem significativa, oponente ao behaviorismo, segundo Fernandes (2011)

² Lev Vygostky (1896-1934) - Psicólogo bielorusso estudioso do desenvolvimento intelectual e da teoria sociointeracionista, segundo Ferrari (2008)

inserido. A aprendizagem é vista como uma experiência social, mediada pelo uso de instrumentos e signos, conforme os conceitos utilizados pelo próprio autor. Neste sentido, o professor deve mediar o processo de aprendizagem, fazendo uso de estratégias que possam levar o aluno a tornar-se independente e que também estimulem o conhecimento potencial, propiciando, assim, a frequente criação de uma nova ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). O professor consegue fazer isso estimulando o trabalho em grupo e utilizando técnicas de motivação que possam facilitar a aprendizagem e reduzir sensações negativas como solidão, incapacidade, entre outras que possam desmotivar o aluno. Tal mediação favorece a criação de ambientes de participação, colaboração e constantes desafios, adequando-se ao modelo de educação colaborativa, cuja troca de experiências e ideias gera a oportunidade de construção pessoal do conhecimento. Assim, a utilização de novas estratégias de ensino é fundamental para a motivação e a interação do aluno com o meio em que vive, porque lhe permite vivenciar novas experiências de aprendizagem, oportunizando melhores resultados na construção do seu conhecimento. (LOPES; PIMENTA, 2017, p. 57)

Mesmo com a evolução da sociedade e o avanço da tecnologia, os métodos de ensino nas escolas ainda seguem os padrões do início do século XX. E estes métodos de ensino legados são mais persistentes na escola pública. Os métodos utilizados e o formato do ensino são os mesmos, nos quais o professor é o foco no processo de ensino, sendo este o detentor e expositor do conhecimento, e o estudante, o ouvinte e expectador deste (BITENCOURTE; HINZ; LOPES, 2018). Segundo os autores, este formato de ensino desmotiva o estudante e tolhe a capacidade dos chamados nativos digitais³ ou estudante globalizado, que são os jovens que já nasceram conectados nas tecnologias digitais e conseguem assistir à TV, ouvir músicas e comunicarem-se pelas redes sociais, estando conectados a diversas plataformas ao mesmo tempo. Entretanto, estes mesmos jovens, ao entrar para sala de aula, são “doutrinados”, muitas vezes, a aguardar o professor copiar o livro didático para a lousa para então copiar o conteúdo para o caderno, ou até mesmo registrarem o conteúdo apresentado na lousa, em uma foto no celular

O uso de recursos tecnológicos no ensino médio em escolas públicas é uma necessidade, pois traz para o estudante desta modalidade de ensino oportunidades e condições igualitárias de aprendizado que poderiam equiparar-se aos estudantes de outros sistemas educacionais, com acesso à informação, laboratórios e recursos didáticos condizentes com sua formação. Entretanto, o uso destes depende de investimento por parte dos governos estaduais e municipais, os quais tendem a cortar gastos destinados à educação em períodos de crises financeiras. Desta forma, fica a qualidade da educação relegada a um segundo plano, cabendo aos professores e

³ Estudos indicam haver várias gerações de nativos digitais. O nosso estudo refere-se à definição formal do termo, criado por Marc Prensky, relacionando-o com a geração nativa digital a partir da Web 2.0, que possibilitou o uso de aplicativos de redes sociais, em meados de 2004.

direção escolar a responsabilidade de buscar soluções e administrar o pouco recurso destinado às escolas.

O debate sobre o uso das tecnologias digitais em sala de aula precisa progredir, embora, tenhamos poucos recursos em nossas escolas, não podemos sempre culpabilizar a falta desses, precisamos utilizar os recursos tecnológicos que temos disponíveis. No momento que percebermos que podemos fazer muito com os recursos que hoje temos disponíveis, trabalharemos melhor os escassos recursos disponíveis, ou seja, precisamos perceber que para trazeremos as tecnologias digitais para a sala de aula, não precisamos de recursos de alto custo financeiro, podemos nos beneficiar de plataformas gratuitas. Atualmente, algumas escolas que um dia tiveram laboratórios, hoje possivelmente esses, estão sucateados por falta de manutenção dos equipamentos, ou da sala de aula que tem infiltrações, ou da falta de rede para liga-los (seja elétrica ou de internet), ou ainda da falta de um técnico especializado, enfim as dificuldades são imensas, porém o laboratório de informática por mais que haja manutenção e pessoal capacitado, na maioria das vezes está desatualizado. O avanço das mídias é inversamente proporcional ao investimento que os governantes disponibilizam para as tecnologias escolares. (BITENCOURTE; HINZ; LOPES, 2018, p. 11)

Neste sentido, a tecnologia da informação pode contribuir muito para as atividades de ensino e aprendizagem, através de metodologias dinâmicas, tais como a metodologia ativa⁴, onde o estudante participa do processo de ensino, sendo este estudante o agente principal por seu aprendizado, sendo uma metodologia de ensino centrada na aprendizagem pela experiência, proporcionando a estudantes e professores a exploração, sob vários aspectos e sob um formato mais dinâmico e olhar diferenciado para as atividades propostas, dos assuntos abordados em sala de aula, segundo Bacich e Moran (2018).

Recursos tecnológicos e didáticos disponíveis em *softwares*, sendo didaticamente explorados, podem contribuir para aprimorarmos o processo de ensino e aprendizagem, facilitando a compreensão e visão do estudante em diversas áreas do ensino, tal como as áreas de ciências exatas, onde, segundo estudos realizados, como em Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (2018), o índice de aproveitamento dos estudantes aponta para um *deficit* de desempenho. Os *softwares* educacionais a cada dia ganham mais espaço no ambiente escolar, sejam através do uso de planilhas eletrônicas, vídeo-aulas ou aplicativos. E a possibilidade da utilização destes recursos para permitir visualizar e tornar concreto para os estudantes conceitos puramente abstratos é uma das vantagens, pois são recursos que po-

⁴ A metodologia ativa é um método de ensino que trabalha com significados, com a problematização apresentada aos estudantes, para que ocorra a contextualização do tema apresentado pelo professor, tendo esta a intenção de engajar e despertar o interesse e a aplicabilidade do conteúdo em estudo, segundo Bacich e Moran (2018).

dem tornar a tecnologia da informação uma grande aliada na área da educação. Com o uso da tecnologia como um instrumento didático, poderemos almejar promover a aprendizagem significativa, segundo os preceitos de David Ausubel relacionados no trabalho de Rubim Junior (2014).

De acordo com estes preceitos, a aprendizagem é do estudante, com o estudante e para o estudante, e a função do professor é a de mediar o processo de aprendizagem. E nesta busca do conhecimento, quanto mais sabemos, mais temos o desejo de buscar informações relacionadas ao novo conhecimento, o que promove o processo da ampliação e a reconfiguração da aprendizagem. Para que a aprendizagem ocorra, esta deverá ser motivadora, o que resulta na participação do estudante. Desta forma, a aprendizagem significativa tem o pressuposto de permitir que o estudante possa, de maneira individualizada, mas não descontextualizada, avançar em sua aprendizagem, motivado e motivante em seu ambiente de estudos.

Partindo do pressuposto de ser a geração do século XXI considerada geração “nativa digital”, que já nasceu inserida no uso da tecnologia, e que os preceitos da aprendizagem significativa fundamenta-se no princípio que a aprendizagem do estudante deve considerar os subsunçores, as experiências e o conhecimento prévio que o estudante traz consigo, o uso da tecnologia da informação no ensino talvez possa ser uma grande aliada neste processo, com a probabilidade de potencializar o aprendizado destes estudantes, os quais ver-se-ão inseridos no seu contexto de mundo e habilidades nativas,⁵ através do uso desta tecnologia como um recurso didático complementar.

Conceitos e teorias abstratas abordados no ensino, ao serem apresentadas pelo professor durante as aulas, sob o formato tradicional de ensino, utilizando a explanação verbal com ilustrações na lousa elaboradas nas dimensões do plano em formato bidimensional, podem tomar formas e significados diferentes para estudantes em uma mesma classe. Isto devido ao grau de maturidade e conhecimentos prévios de cada estudante, e também ao seu contexto sociocultural, podendo assim chegar a estes com intensidades, formas e contextos diferenciados. Neste sentido, a visualização de imagens ou símbolos dinâmicos, a abordagens do mesmo assunto sob novos contextos, com simulações e experimentações práticas ou imagens tridimensionais, podem fazer com que ocorra uma visão homogênea, por parte dos estudantes, do assunto ou conhecimento apresentado pelo professor durante as aulas, proporcionando ao estudante um conhecimento mais amplo e consolidado sobre o tema exposto. Desta forma, novas abordagens

⁵ Dentre as quais poderemos citar a facilidade de interação com *softwares*, jogos eletrônicos, a interação multimídia e multitarefa, segundo Palfrey e Gasser (2011).

poderão proporcionar uma discussão mais ampla e consistente sobre os temas apresentados, permitindo que o entendimento e, conseqüentemente, a associação de ideias, contextos e aplicações do tema explorado, propiciem a consolidação e apropriação do conhecimento.

Pensando neste estudante, desenvolveremos atividades utilizando ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), plataformas desenvolvidas com finalidades específicas para o ensino e a aprendizagem. Estas plataformas voltadas ao ensino a distância permitem aos professores e tutores o acompanhamento e disponibilização de materiais didáticos em formatos de textos ou multimídia, assim como a realização de testes ou provas, atividades estas a serem desenvolvidas no ensino à distância. Através de uma plataforma AVA, é possível disponibilizar material didático em formato multimídia para os estudantes, os quais podem ser acessados através de seus aparelhos celulares mesmo em sala de aula, em um formato híbrido de ensino, ou até mesmo compartilhando a rede sem fio (*Wi-Fi*) do notebook, caso a plataforma esteja instalada neste mesmo notebook no ambiente da sala de aula.

Estas plataformas virtuais surgiram devido à necessidade da criação de um ambiente que permita a aproximação de professores, tutores e estudantes com características semelhantes a uma sala de aula presencial. Estes ambientes permitem a gestão de estudantes e atividades a serem desenvolvidas no ensino e contribuem em grande parte para a disseminação do ensino, através do desenvolvimento de atividades acadêmicas, independente da região geográfica onde os estudantes ou professores se encontrem.

Através destas plataformas, foram possíveis novas modalidades de ensino, tais como o ensino à distância, onde os estudantes encontram-se geograficamente distantes das instituições de ensino, em um formato assíncrono de participação nas aulas, e, atualmente, o ensino remoto e o ensino híbrido. Neste último, o processo de ensino ocorre parte no formato presencial, parte no formato remoto ou à distância, ou até mesmo coexistindo no mesmo ambiente em sala de aula.

Partindo destes princípios, e devido ao advento da pandemia instaurada pelo coronavírus, faremos uso dos recursos didáticos de uma plataforma de ensino virtual (AVA). Desenvolveremos uma sequência didática com uma metodologia que propicie o desenvolvimento das atividades propostas aos estudantes utilizando recursos de material didático multimídia em uma escola pública do ensino médio, utilizando softwares de simulação de fenômenos físicos para o ensino da disciplina, disponibilizado em plataforma de ambiente virtual de ensino.

Com este material, utilizado como complemento ao material didático já utilizado pelos estudantes, avaliamos em caráter qualitativo a proposta do uso de recursos didáticos multimídia e softwares de simulação de fenômenos físicos para os estudantes do ensino público. Avaliamos a aceitação, facilidade de manipulação e uso, compreensão, entendimento e apropriação do conteúdo apresentado com a expectativa de motivação e interesse pelo assunto sob outras perspectivas de ensino, despertando o interesse pelo conteúdo apresentado, fato que poderia ser considerado como um agente motivador para o ensino.

Para a plataforma virtual de aprendizagem, foi utilizada o Google Classroom,⁶ sendo o conteúdo readaptado quanto ao formato dos arquivos, para trabalharmos com as turmas do ensino médio no Projeto Conexão Escola, implementado pelo Governo de Minas Gerais durante o período de estudos remotos tutorados, nas escolas públicas estaduais.

O tema escolhido para o nosso estudo é a Ótica Geométrica, cuja sequencia didática é apresentada no tópico 9 deste trabalho. Para o desenvolvimento da pesquisa, selecionamos os estudantes do terceiro ano do ensino médio, educação para jovens e adultos (EJA) em uma Escola Estadual de Belo Horizonte/MG. Buscamos relatos sobre a motivação, o interesse na exploração e a compreensão do conteúdo apresentado, além da expectativa dos relatos sobre o assunto abordado, tais como conceitos, aplicações e realização de laboratórios de Física através do uso de plataformas em ambiente virtual de aprendizagem e o uso de aparelhos móveis celulares como um instrumento didático.

⁶ Havíamos selecionado inicialmente o AVA Moodle para disponibilização do conteúdo descrito na sequência didática. A escolha se fez por motivos do uso de software livre, sendo que o projeto elaborado tinha como premissas o uso de softwares livre disponibilizado em uma plataforma portátil para o uso em escolas públicas, independente da disponibilidade de infraestrutura ou acesso à rede mundial de computadores (internet).

3 O ENSINO PARA A GERAÇÃO NATIVA DIGITAL

Segundo Brasil (2007), sobre os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+, o estudo da Física no ensino médio está direcionado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da realidade do mundo em que vive. Tal estudo deve dotar o estudante de um conjunto de competências específicas que o permita perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. O seu desenvolvimento está intimamente impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais ao longo da história da humanidade, o que resultou no desenvolvimento de diferentes tecnologias, que, por sua vez, impulsionaram e impulsionam ainda mais o desenvolvimento da ciência e do conhecimento do mundo que nos cerca (BRASIL, 2007).

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia promove a alteração de padrões de comportamento e a qualidade de vida da humanidade. Fato este são os resultados dos avanços da medicina e do acesso à informação ao alcance de todos. Entretanto, para que a humanidade possa se beneficiar plenamente destes avanços, que possa compreender, interagir, opinar e apropriar-se destas conquistas, há que se ter as competências e habilidades adquiridas para o entendimento destas informações, assim como a linguagem em que estas encontram-se disponibilizadas, sendo um formato próprio, o qual denominamos o conhecimento científico.

Mediante esta linguagem própria, através de uma terminologia bem definida ou através da apresentação em gráficos, tabelas ou relações matemáticas, as informações do mundo atual requerem que o cidadão esteja preparado para identificá-las e interpretá-las, que nos chegam a todo instante em diversos formatos ou mídias. Através da interação com estes dados informativos é que obtemos informações do mundo e o tempo que nos cerca, tal qual o tempo, a temperatura, a economia, a sociedade ou regiões do planeta onde determinados fatos ocorrem, assim como suas incidências. Crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos e equipamentos eletrônicos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, são alguns exemplos.

Desta forma, segundo Brasil (2007), a educação, e, mais precisamente, o ensino de Física, vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas, repetições automatizadas de procedimentos em situações artificiais ou extremamente abstratas, e conscientizando-se ser necessário dar significado explicitando o sentido destas informações, assim como a as-

sociação de conceitos físicos à realidade no momento do aprendizado, mais propriamente e precisamente na etapa do ensino médio.

Entretanto, neste período da vida acadêmica, ainda há uma dicotomia para o ensino, o educador e o educando, entre formar cidadãos em condições de ingressarem no mercado de trabalho ou desenvolver-lhes a competência para que possam dar continuidade aos seus estudos ao nível superior (MENDONÇA, 2011). A decisão e a preparação para estas duas vertentes permeiam e caminham juntas nas fases finais do ensino básico. Contudo, uma decisão é imperativa: a formação do cidadão com o conhecimento científico necessário ao entendimento do universo que o cerca. Este conhecimento faz-se necessário para que o ser humano tenha a autonomia em tomar decisões pessoais e sociais fundamentadas no conhecimento.

O termo geração nativa digital, criado pelo norte americano Marc Prensky, é atribuído aos nascidos a partir de 1980, que tiveram sua origem e desenvolvimento pessoal envolto às Tecnologias Digitais. Este fator confere a esta população uma enorme habilidade para a interação com equipamentos eletrônicos e *softwares*, o manuseio de equipamentos móveis ou portáteis, ouvir música, interagir com jogos eletrônicos dentre outras tarefas, simultaneamente (PALFREY; GASSER, 2011). O público jovem desta geração, em sua maioria, possui acesso à informação em diversos formatos e vê-se envolto nestes ambientes, mas, em muitos casos, não possui a capacidade de discernimento entre informações verídicas e fundamentadas em fatos científicos daquelas inverídicas ou enganosas.

Por este motivo, há de se preparar estes jovens para que tenham a capacidade de discernir e tomar decisões com embasamento crítico, sendo este o papel da educação. A formação do estudante com um perfil crítico e com capacidade de discernir informações que lhe chegam a todo momento, sob diversos formatos, embasados em um conhecimento científico, ou, pelos menos, que saibam compreender o teor da informação para opinar ou decidir, é o que se propõe para o estudante do ensino médio, segundo Brasil (2018).

Neste sentido, aproveitando a habilidade desta população em interagir com aparatos e informações multimídia, acredita-se que o uso da tecnologia nas escolas de ensino público no nível médio possa contribuir significativamente para a formação do estudante no sentido de experimentar situações, compreender o que lhe é apresentado, discernir entre proposições e criticar resultados, formando opiniões.

4 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

Diversos foram os artigos encontrados nos últimos 10 anos com a proposta do uso da Tecnologia da Informação como um recurso didático para o ensino da Física, os quais relacionam o uso de equipamentos portáteis em *hardware* para simulação de efeitos físicos, assim como aplicativos em *softwares* disponibilizados para computadores e aparelhos celulares. Através destes recursos computacionais com propostas didáticas para conteúdos específicos, *hardwares* e *softwares* são abordados sobre a capacidade de proporcionar e promover o suporte necessário ao desenvolvimento discente, conforme a sua empregabilidade em metodologias específicas para o ensino da Física. Entretanto, como a tecnologia evolui e evoluiu rapidamente nos últimos anos, trabalhamos com uma literatura mais recente, no período dos últimos 5 anos, os quais apresentaremos neste capítulo.

Rubim Junior (2014) propõe o uso e os recursos computacionais do microcontrolador Arduíno para o estudo da luz e cor. Baseado nos conceitos da aprendizagem significativa e no cotidiano dos estudantes repletos de tecnologia em seu ambiente de convívio, sua proposta parte do despertar da curiosidade. Desenvolvendo atividades práticas para o ensino da Física utilizando o *hardware*, o autor busca, através da contemporaneidade e da participação ativa no processo de aprendizagem, a investigação e fixação de conceitos sobre a reflexão, refração e incidência de luz em experimentos com o *hardware Arduíno*. O autor utiliza situações problema para despertar a curiosidade dos estudantes e promover o senso investigativo através da atividade prática associada ao conhecimento teórico. Para a avaliação e validação da pesquisa, o autor utilizou testes prévios e reaplicados ao final dos trabalhos, com a finalidade de detectar indícios de aprendizagem significativa, assim como as habilidades e competências propostas em seu estudo.

Lopes e Pimenta (2017), assim como Bitencourte, Hinz e Lopes (2018), por sua vez, investigaram o uso de equipamentos móveis celulares como instrumentos didático/pedagógicos em seus trabalhos. Em ambos estudos, concluíram que o uso do celular como um instrumento didático é um facilitador no processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, ainda segundo os autores, há a falta de cursos de formação continuada para professores, os quais ainda consideram este uso como sendo um desafio para poderem inseri-lo em uma metodologia adequada de ensino.

Para Ribas (2017), a motivação é um dos fatores de sucesso para a aprendizagem, tendo este pesquisado, na utilização das TICs, os insumos necessários para o despertar do interesse

no estudo da Mecânica Clássica. Através de recursos como *softwares* de modelagem e simulação, como o *Modellus*, o *software* de estudo de movimentos *Tracker* e também de planilhas eletrônicas, o autor propõe o estudo da cinemática com a inserção da força de arrasto provocada pela resistência do ar nos lançamentos em queda livre. Segundo o autor, o uso destas ferramentas como instrumentos didáticos expõe resultados mais próximos da realidade dos estudantes, apresentando uma visão menos ingênua na avaliação dos resultados sobre os experimentos.

Avaliando os artigos citados (entre outros relativos ao tema proposto, mas que não foram relacionados devido ao período de análise dos últimos cinco anos), deduz-se que o estudante, ao receber um conteúdo ou um tópico para análise, entende esta apenas como uma informação, algumas das vezes até sem um significado específico para ele. É necessário transformar esta informação em conhecimento, através da leitura, entendimento e análise crítica desta informação. Neste sentido, é necessária a ação do professor através do uso de uma metodologia de ensino adequada para que o estudante transforme esta informação, avaliando-a de uma forma lógica e crítica, transformando-a em conhecimento. Portanto, o trabalho seletivo e criterioso do professor na escolha da metodologia e no uso do recurso didático torna-se crucial para que os objetivos de ensino sejam alcançados. A tecnologia mostra-se como um recurso a mais, que, utilizada sob um formato e contexto adequados, pode permitir que professor e estudante atinjam os objetivos planejados para o ensino, ressaltando o fato que a criticidade e a apropriação do novo conhecimento adquirido estão além dos propósitos de um *software* ou instrumento tecnológico, mas diretamente ligada ao crivo do professor sobre o material didático selecionado e a sua empregabilidade ou não como um instrumento didático. Percebemos assim, avaliando o trabalho dos autores, que um recurso multimídia, selecionado com o critério de recurso didático pelo professor, poderá proporcionar ao estudante uma visão diferenciada, permitindo explorar ações ou movimentos, em dimensões ampliadas, e com a exploração do conteúdo didático sob novos ângulos de visão, os quais poderão permitir o despertar de uma curiosidade, e, por que não dizer, uma motivação para explorá-la.

5 MOTIVAÇÃO

Partindo da definição etimológica, a palavra tem sua origem no latim “*movere*”, que significa mover. Da psicologia, o termo possui um significado mais amplo, designando a condição do organismo que resulta e influencia em uma direção ou orientação determinada para atingir um objetivo. Em uma definição mais peculiar sobre o termo, temos o relato de ser a motivação um impulso interno que leva a uma ação. Esta envolve fenômenos emocionais, biológicos e sociais, no sentido de direcionar e manter comportamentos para atingir objetivos previamente determinados (SIQUEIRA; WECHSLER, 2006).

Andrade (2017) afirma que a motivação é o resultado dos estímulos que agem sobre os indivíduos, levando-os à ação. A autora relata que, para haver a ação ou reação, é necessário um estímulo implementado, resultante do exterior ou proveniente do próprio organismo, designado ciclo motivacional. Em condições habituais do indivíduo, esta possui uma hierarquia, conforme descreve:

Maslow foi um psicólogo americano conhecido pela proposta da hierarquia das necessidades, referindo que as necessidades humanas estão organizadas em níveis, numa hierarquia de importância e de influência, numa pirâmide. Na base dessa pirâmide encontramos as necessidades mais baixas (necessidades fisiológicas), e no topo, as necessidades mais elevadas (as necessidades de auto-realização), ... A partir dessas necessidades, Maslow procurou compreender e explicar as ações e o comportamento humano. (ANDRADE, 2017)

Mas como pesquisar a motivação? Quais os parâmetros necessários para identificá-la ou até mesmo mensurá-la? Apesar de ser um construto, Siqueira e Wechsler (2006) relatam que os estudos na área de psicologia demonstram ser possível inferi-la:

Segundo Murray (1986), a motivação representaria “um fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa” (p. 20). Esta noção que vincula a motivação a uma energia interna é também compartilhada por outros teóricos. Para Garrido (1990), a motivação é um processo psicológico, uma força que tem origem no interior do indivíduo e que o empurra, o impulsiona a uma ação.

(...) a motivação é um processo e não um produto, dessa forma não pode ser observada diretamente, mas pode ser inferida a partir de alguns comportamentos. As metas têm a função de oferecer um ímpeto para a direção da ação do sujeito, e cujo ponto principal seria o de que os indivíduos sempre têm algo em mente, que buscam atrair ou evitar ao realizar uma ação;(SIQUEIRA; WECHSLER, 2006, p. 21).

Todorov e Moreira (2005) relatam que o interesse pela pesquisa da motivação humana origina-se das áreas da psicoterapia, psicometria e da teoria da aprendizagem. Especificamente

para as áreas da psicometria, esta destina-se ao desenvolvimento de testes psicológicos e de aptidões de desempenho, com a finalidade de classificação ou seleção de indivíduos na dedicação de tarefas. Quanto à área das teorias de aprendizagem, esta dedica-se ao estudo das variáveis motivacionais, sendo uma área de interesse indireta da área educacional através da psicologia da aprendizagem.

Ainda para Siqueira e Wechsler (2006) e Todorov e Moreira (2005), a motivação possui fatores intrínsecos e extrínsecos, ou ainda, interna ou externamente motivados, conforme o interesse associado a esta motivação. A motivação extrínseca é definida como aquela na qual, em um ambiente escolar, o estudante executa as tarefas com objetivos não de envolvimento ou satisfação, mas objetivando reconhecimento e recompensas externas ou a não punição. Ao contrário desta, temos a motivação intrínseca que parte do desejo e da atividade prazerosa, da satisfação pessoal em suas ações, conforme relata Siqueira e Wechsler (2006):

Um aluno extrinsecamente motivado é aquele que desempenha uma atividade ou tarefa interessado em recompensas externas ou sociais, um aluno com este tipo de motivação está mais interessado na opinião do outro, as tarefas são realizadas com o objetivo principal de agradar pais e/ou professores, para ter reconhecimento externo, receber elogios ou apenas para evitar uma punição (Pfromm, 1987; Deci, Vallerand, Pelletier e Ryan, 1991; Lens, 1994; Pintrich e Schunk, 2002).

Um aluno motivado intrinsecamente, ao contrário, é aquele cujo envolvimento e manutenção na atividade acontece pela tarefa em si, porque é interessante e geradora de satisfação, alunos com este tipo de motivação trabalham nas atividades, pois as consideram agradáveis (Vallerand e colaboradores, 1992; Pintrich e Schunk, 2002). (SIQUEIRA; WECHSLER, 2006, p. 22).

Portanto, nota-se ser a motivação intrínseca a desejável no ambiente escolar, permitindo tornar o estudo algo prazeroso para o estudante, sendo aquela que contribui significativamente para o seu envolvimento e desempenho nas tarefas escolares.

Entretanto, no ambiente escolar, vários são os fatores que podem interferir com o próprio ambiente e com os objetivos propostos pelo professor, contribuindo ou não para a motivação dos estudantes. Segundo Siqueira e Wechsler (2006), fatores como estruturação das aulas, o currículo escolar e as características individuais de cada estudante são alguns destes. E, para a avaliação da motivação, estes fatores devem ser considerados neste fenômeno, assim como todos os aspectos envolvidos nesta questão.

Mendes (2013) relata em seu trabalho a necessidade de inclusão dos estudantes, no sentido amplo da palavra, no ambiente escolar. O autor afirma que a inclusão não deverá ser feita somente aos estudantes com necessidades especiais, mas também de uma forma geral, para

que os estudantes sintam-se contemplados e motivados. Afirma, ainda, que a motivação possui uma relação direta com o processo de aprendizagem e que a queda na motivação resulta em um declínio na qualidade dos estudos e, conseqüentemente, na formação de indivíduos competentes para exercerem sua cidadania. Neste aspecto, a falta de motivação torna-se um dos maiores fatores no processo de evasão escolar. Ainda neste contexto, o autor relata ser a motivação um aspecto preocupante no ensino médio, sendo um dos principais problemas relatados neste nível de ensino. Por ser uma etapa, um nível de ensino com característica transicional, onde o estudante prepara-se para a faculdade, o trabalho ou até mesmo para a própria família, este depara-se com adversidades que podem levar-lhe à falta de motivação para a continuidade nos estudos na etapa do ensino superior.

Percebe-se, portanto, a necessidade de observar e manter os estudantes desta etapa de ensino motivados no formato intrínseco, considerando que a maioria destes também encontram-se na transição da fase da pré-adolescência e adolescência, onde transformações físicas e comportamentais lhes são intensas, ou, até mesmo, já encontram-se na fase adulta, com responsabilidades assumidas, sejam elas profissionais ou de ordem pessoal. Desta forma, a motivação nesta etapa do ensino é fundamental, possuindo um sentido bastante forte na educação, onde a dicotomia faculdade/trabalho, presentes nesta etapa, as transformações comportamentais e os desafios das próximas etapas se fazem presentes.

A avaliação da motivação para a aprendizagem requer, em princípio, a observação de comportamentos, os quais também podem ser mensurados por relatos, auto-avaliações, observações diretas ou indiretas com pessoas ou profissionais que possuam contatos diretos com os estudantes ou ainda através de instrumentos próprios para este fim. Ferramentas construídas com este propósito, orientado sob os preceitos da psicometria e validados com os recursos das ferramentas de cálculos estatísticos, já foram usados para esta finalidade. Sob estes aspectos, podemos destacar no trabalho de Siqueira e Wechsler (2006) pontuações a este fato:

Os questionários/escalas são outra forma de avaliar a motivação, e seriam respondidos pelo próprio indivíduo a ser avaliado. Com relação ao formato, o questionário é composto por itens ou questões que buscam investigar as ações e crenças da pessoa. O indivíduo, neste caso, atribui valores em escalas numéricas correspondendo as suas crenças e sentimentos com relação ao que está escrito na questão ou item (Pintrich e Schunk, 2002).

Muitos instrumentos foram construídos segundo este padrão, neste sentido vale citar o trabalho de: Harter (1981) que construiu um instrumento para avaliar a orientação intrínseca versus extrínseca de crianças para a aprendizagem escolar e o domínio em sala de aula; Deci, Sheinman, Schwartz e Ryan (1981) que propuseram a construção de um instrumento para avaliar a orientação de

adultos em direção ao controle ou a autonomia com crianças; o de Gottfried (1985 e 1990) e Gottfried, Fleming e Gottfried (2001) que elaboraram um instrumento para medir o construto de motivação intrínseca em crianças e jovens e o de Mitchell Jr (1992) que desenvolveu um instrumento para avaliar a motivação intrínseca e extrínseca para a aprendizagem de estudantes. (SIQUEIRA; WECHSLER, 2006, p. 23).

Segundo as autoras, baseando seus estudos em pesquisas anteriores na área da psicometria, é possível avaliar a motivação de forma válida, precisa e confiável através da elaboração e de uma escala ou questionários específicos para este fim. O método a ser utilizado constitui-se da elaboração de uma escala de avaliação construída a partir de uma amostra obtida de uma coleta de dados previamente realizada sobre o tema pertinente à motivação. A coleta de dados inicial para a construção da escala poderá ser obtida através de questionário estruturado por áreas. Após a definição das áreas, elaboram-se os itens de cada subdivisão, os quais irão compor o questionário.

6 O QUE TEMOS NA LITERATURA

Para situarmos nossa pesquisa, observamos como os pesquisadores estão trabalhando com tecnologia da informação no ensino de Física nos últimos 5 anos. Este período foi selecionado para as nossas buscas pelo fato de haver, no período de 5 anos, alterações significativas na área da Tecnologia da Informação e Comunicação em termos de aprimoramentos em software e hardware, em aspectos gerais de programação e componentes eletrônicos. As buscas nos bancos de dados na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), no catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e no banco digital Scientific Electronic Library Online (SciELO) acrescentando termos relacionados com a motivação dos estudantes e retirando trabalhos de outras áreas correlatas, obtivemos 5 trabalhos, após a aplicação de filtros de buscas disponíveis nas próprias plataformas pesquisadas, no período selecionado. Em outra busca, considerando a Óptica Geométrica junto à tecnologia da informação no ensino de Física nos últimos 5 anos, obtivemos apenas um trabalho.

Da análise destes trabalhos, identificamos os seguintes recursos da tecnologia da informação utilizados para o ensino da Física: *gamificação*, o uso de vídeos instrucionais, a modelagem e simulação de fenômenos físicos, além do registro de dados e movimentos de corpos através da gravação de vídeos e o uso de planilhas de cálculos para o registro e elaboração de gráficos para o estudos destes fenômenos. A análise destes trabalhos permitiu-nos avaliar as metodologias de ensino utilizadas pelos pesquisadores, assegurando-nos o embasamento para a decisão entre as metodologias apresentadas. As áreas da física mais citadas nas teses e dissertações foram a Mecânica, através da Cinemática e Dinâmica, em alguns dos casos inserindo o cálculo para a força de arraste, a Termologia e, também, o estudo da Física Moderna e Contemporânea.

Quanto aos *softwares* utilizados e sua aplicabilidade, identifica-se o uso de planilhas eletrônicas para a elaboração de cálculos e tabelas, assim como o estudo dos gráficos de movimentos de corpos e projéteis. Aplicativos em *software* como o *Modellus*, que permite os recursos de modelagem e simulação, o *software Phet*, o *Scratch* para a programação de roteiros didáticos e *gamificação*, o *Geogebra* para cálculos e o *Tracker* para o registro e estudo do movimento de objetos, estão entre os mais utilizados.

Através do uso de softwares como recurso didático para suporte ao ensino, em aulas ministradas sob a metodologia ativa, os autores exploram as potencialidades de suas sequências didáticas com embasamento nos preceitos da aprendizagem significativa, de David Ausubel,

conforme descrito em Moreira (2011). Em seus trabalhos, os autores relatam os procedimentos e resultados obtidos durante o desenvolvimento de suas pesquisas, em cada sequência elaborada, corroborando com diversos pontos de ênfase da literatura, tais como a apropriação do conhecimento, a identificação do estudante com o recurso didático apresentado, o que proporciona uma ambientação facilitada, com aulas mais descontraídas e produtivas, segundo os pesquisadores.

Ribas (2017) e Santos, Balthazar e Huguenin (2017) utilizaram os recursos do *software Tracker* para o estudo dos movimentos através da captura de vídeos. Os autores realizaram o levantamento prévio do conhecimento dos estudantes através de questionários, sendo estes re-aplicados ao final das atividades da sequência desenvolvida. Desta forma, em suas conclusões, os autores relatam indícios de aprendizagem significativa, mudança comportamental com relação ao estudo da Física, assim como a motivação para a realização das atividades. Também há a percepção por parte dos autores sobre uma melhor interação entre os estudantes, em aulas mais descontraídas em uma didática semelhante à sala de aula invertida. Ribas (2017) propõe ainda, durante o desenvolvimento da sequência, a inserção da força de arrasto em uma atividade de modelagem e simulação, concluindo que, desta forma, há a aproximação do estudo da Física à realidade do estudante, com aulas mais descontraídas, desafiadoras e com um melhor aproveitamento da aprendizagem.

Fiziotto (2019), Oliveira (2018) e Tulha (2019), por sua vez, utilizam os recursos da *gameficação* para o desenvolvimento de suas atividades no ensino da Física. Sob os temas da física moderna e das transformações de energia, os autores exploram os recursos dos *softwares Scratch*, do *software* proprietário *Fotovolt* e dos recursos dos laboratórios virtuais para a criação de sequências didáticas que promovam o conhecimento através do desafio e da descoberta utilizando a ludicidade dos jogos. Fundamentando-se também na metodologia ativa, os estudantes são desafiados a testar seu conhecimento e buscar respostas para avançarem nas etapas do jogo, construindo seu próprio conhecimento sobre o tema proposto. Para Tulha (2019), algumas das etapas do jogo por ela construído consistem-se em tarefas a serem executadas no laboratório remoto, onde os resultados dos experimentos são respostas a questões apresentadas no jogo, sendo requisitos necessários para atingir a próxima fase. Desenvolvendo esta metodologia, os pesquisadores obtiveram como resultado a ampla participação e também a motivação dos estudantes envolvidos neste processo, itens estes avaliados sob o teor de uma análise qualitativa. Nesta avaliação, comprovou-se um maior percentual de respostas corretas comparados às aulas tradicionais, além da aprovação e recomendação da metodologia por parte dos estudantes, con-

forme respostas no questionário de avaliação da proposta de ensino. Oliveira (2018) relata ainda uma ampla participação nas atividades extraclasse e um percentual de 36% a mais de acertos em questões de avaliação quando comparadas ao ensino tradicional.

Na área da Óptica Geométrica, poucos trabalhos foram encontrados, sendo a dissertação de Barroso (2017) um dos poucos, e o único no período de 5 anos elencado nas consultas aos bancos de dados. O autor utiliza o simulador Phet para a exploração da formação de imagens através de espelhos esféricos. O propósito do trabalho é o de proporcionar ao estudante, através de experimentos com o *software* de simulação, chegar aos conceitos da formulação da Lei de Gauss. Para isto, a proposta utiliza, além do Phet, o *software* Geogebra para a construção das linhas de formação da imagem, variando a posição do objeto em relação à lente esférica. O autor sugere a utilização da metodologia caso haja a disponibilidade de recursos de informática nas escolas, relatando o maior aproveitamento do conhecimento por parte dos estudantes, assim como o público já habituado ao uso de *softwares* e das tecnologias digitais. Outro ponto relevante para os recursos utilizados, segundo o autor, é a ampla participação dos estudantes, a descontração e a motivação para a execução dos laboratórios apresentados na sequência didática.

Na avaliação destes trabalhos, também observamos relatos e algumas dificuldades com relação ao ambiente onde as aulas deveriam ser desenvolvidas. Relatos tais como equipamentos indisponíveis no ambiente escolar, e necessitando de adaptação da aula previamente elaborada, são os mais frequentes. As dificuldades iniciais com o uso de alguns *softwares* e também a pré disposição do estudante habituado às aulas tradicionais, tendo o professor como o detentor do conhecimento, o qual apresenta as respostas aos questionamentos dos estudantes, estão entre os relatos. Ao utilizar a metodologia sala de aula invertida, onde o estudante necessita buscar as respostas às suas questões sob orientação do professor, observou que esta metodologia causa um desconforto inicial a alguns estudantes. Ter o professor como mediador do conhecimento é um processo que ainda carece de amadurecimento por parte dos estudantes e também do próprio professor habituado às aulas do ensino tradicional.

Outro ponto citado nos trabalhos refere-se à formação continuada para os professores. O uso da tecnologia da informação e comunicação ainda não é de amplo domínio por parte da maioria dos profissionais da educação no ensino médio tradicional. Portanto, há de se ter a formação complementar e o incentivo a estes profissionais para haver o pleno aproveitamento das aulas ministradas utilizando a tecnologia da informação e comunicação como um recurso

didático. Pimenta Filho (2017) aborda este tópico em seu trabalho, propondo o uso das redes sociais como um meio de interação entre professores e também entre professor e estudante, utilizando seu estudo sobre o uso das redes sociais como um instrumento didático para o ensino. Fundamentado nas teorias de Lev Vygotsky sobre interação, aprendizagem e a importância do ambiente e relacionamento interpessoal para o desenvolvimento das funções mentais, o autor propõe o uso dos ambientes virtuais como um meio de troca de informações objetivas para o processo de ensino e aprendizagem. A proposta fundamenta-se na construção do conhecimento através das trocas e interações sociais dos participantes, inicialmente no nível social, e posterior internalização individual dos participantes através das postagens de vídeos e conteúdos elaborados pelos próprios estudantes. Campos (2017), por sua vez, relata que dificuldades de ordem técnica por parte dos professores, assim como o domínio de recursos computacionais, são alguns dos fatores que podem criar resistências quanto ao uso da tecnologia. Entretanto, há uma diversidade de recursos, tais como o uso dos *softwares* de simulação de fenômenos, como por exemplo o Phet, o qual requer um conhecimento básico em informática, podendo ser utilizado no formato *off-line*, onde o próprio estudante ou o professor podem manuseá-lo sem grandes dificuldades. O autor utilizou-o no desenvolvimento de sua sequência para a exploração dos conceitos e fenômenos da termologia, relatando resultados satisfatórios quanto à aprendizagem significativa e à motivação dos estudantes para o desenvolvimento das atividades propostas. Relatos sobre a predisposição ao aprendizado, além da motivação por parte dos estudantes, também são apresentados em seu trabalho. O autor faz alusão a um dos estudantes com dificuldades de aprendizagem. O uso do *software* promoveu a facilitação do entendimento e a apropriação do conhecimento. Desta forma, descreve o autor ser o uso deste recurso um facilitador para este público nas escolas públicas, assim como ocorreu no estudo da termologia, devendo ser explorado em outras áreas do ensino da Física.

7 O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Mas qual seria a proximidade da Tecnologia da Informação e Comunicação com a Óptica Geométrica?

No mundo globalizado, estamos interconectados através da internet, da televisão e telefone. Estes são meios de comunicação que nos chegam através de sons, imagens, textos e multimídias presentes em nosso cotidiano. O prefixo *TELE*, cuja etimologia do termo de origem grega, o qual significa distante, nos sugere o significado das palavras por ele iniciados. O ver à distância (televisão) e o falar à distância (telefone) já nos mostra uma habilidade adquirida que amplia os sentidos naturais do corpo humano. Mas como isto ocorre? Para que isto aconteça, teríamos que nos deslocar no tempo e no espaço para que possamos atingir essa ampliação da visão ou audição, ou fazer com que estes sinais se desloquem através do tempo e espaço, e cheguem até nossos olhos e ouvidos, ampliando a nossa percepção sensorial.

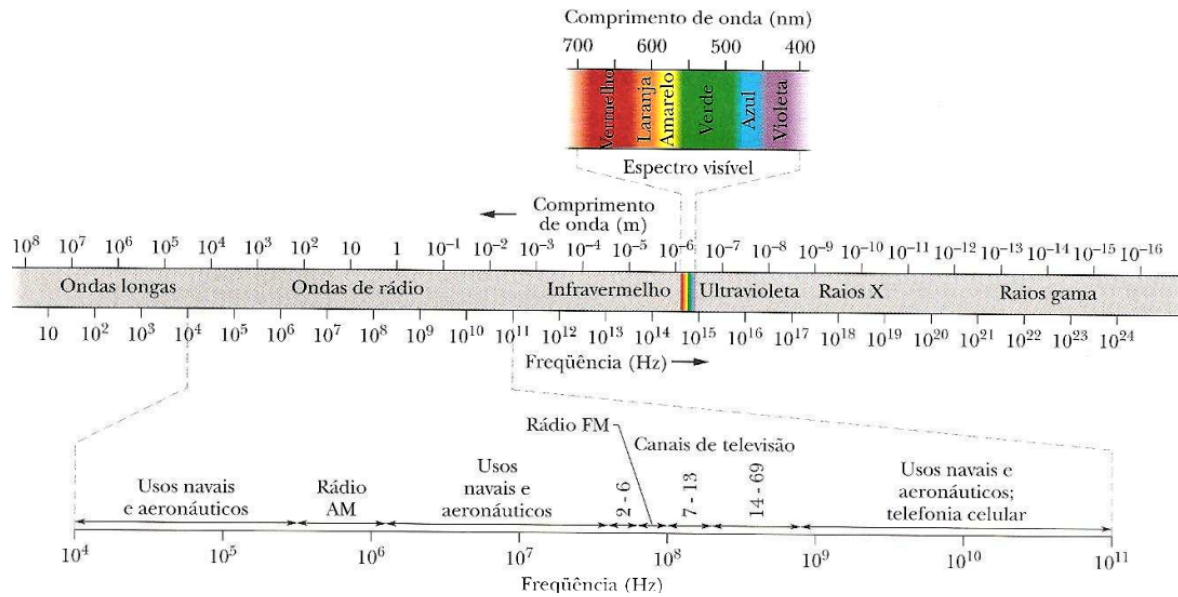
É neste ponto que a Física e os fenômenos físicos podem nos ajudar. Ao desvendarmos o princípio de funcionamento destes aparatos tecnológicos, observamos que todos utilizam como meio de transporte dos seus sinais originados e recebidos, as ondas eletromagnéticas. Estas são geradas através do movimento periódico dos elétrons os quais fazem surgir em torno de si um campo elétrico e um campo magnético que se auto-sustentam. Referenciando-nos em Halliday, Resnick e Walker (2009), abordaremos o capítulo teórico sobre ondas eletromagnéticas e os fenômenos físicos a ela associados.

7.1 Ondas Eletromagnéticas e o Espectro Eletromagnético

Na óptica, um ramo do eletromagnetismo, estudamos a luz visível. Um raio luminoso é uma onda progressiva de campos eletromagnéticos. Até meados do século XIX, as únicas ondas eletromagnéticas conhecidas eram a luz visível e os raios ultravioleta. Seguindo os estudos de Maxwell e suas previsões, Henrich Hertz descobriu que não só esta faixa, mas também as ondas de rádio, propagavam-se à velocidade da luz. O espectro eletromagnético é composto por uma ampla faixa de frequências, conforme apresentado na Figura 7.1.

Na parte superior desta ilustração temos a escala que representa os comprimentos de ondas, e, na parte inferior, a escala das faixas de frequências das ondas eletromagnéticas, em uma escala de múltiplos de 10, onde as extremidades da escala são abertas, pois o espectro de frequências não possui limites definidos. Cada faixa possui uma denominação específica

Figura 7.1 – O Espectro Eletromagnético

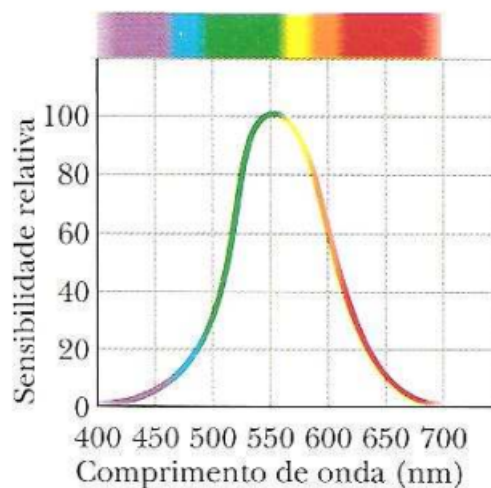


Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

(Ondas longas, Infravermelho, Raios-X,...) e, independente de sua ocupação dentro do espectro de frequências, todas se propagam no espaço livre (vácuo) com a mesma velocidade c .

A faixa de comprimento de onda entre 400 a 700 nm, tendo como região central 555 nm, é denominada região de luz visível, conforme apresentado na Figura 7.2. As ondas eletromagnéticas nesta faixa são capazes de sensibilizar o olho humano, provocando a sensação de visão de cores monocromáticas que se iniciam como vermelho (700 nm), passando pelo verde que compreende o meio da faixa (555 nm), até o azul (400 nm). A faixa inferior a 700 nm temos o infravermelho, e acima de 400 nm temos o ultravioleta.

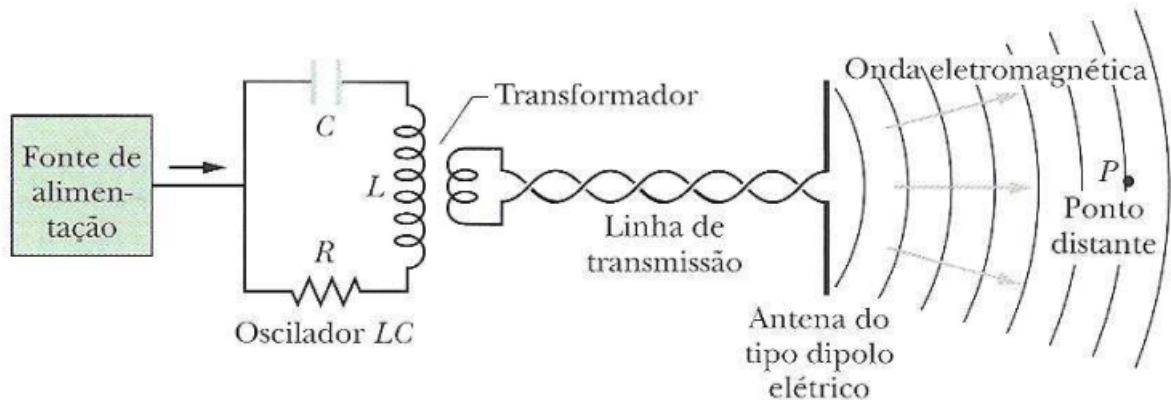
Figura 7.2 – Faixa do Espectro Eletromagnético sensível ao olho humano



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Mas como são geradas as ondas eletromagnéticas? Qualitativamente, poderemos demonstrar esta questão partindo do princípio de funcionamento dos osciladores, tal qual o oscilador LC, apresentado na Figura 7.3, cuja frequência angular é dada por $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Figura 7.3 – Oscilador LC para Baixas Frequências do Espectro Eletromagnético



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Este oscilador, utilizado para gerar ondas eletromagnéticas na faixa de frequências em ondas curtas, é composto por um indutor (L), um capacitor (C) e uma carga (R). As cargas e correntes no circuito variam senoidalmente, em amplitude e sentido, no circuito oscilador LC, com a frequência angular ω . Acoplado a este oscilador, temos um transformador, uma linha de transmissão e uma antena constituída por um dipolo elétrico. A onda eletromagnética gerada pelo circuito pode ser detectada em um ponto P situado distante da antena.

O campo elétrico (\vec{E}) e o campo magnético (\vec{B}) produzidos pelo circuito elétrico variam em módulo com o tempo, sendo estes perpendiculares à direção de propagação da onda, conforme descrito em Halliday, Resnick e Walker (2009)

Como o módulo e a orientação do momento dipolar variam com o tempo, o módulo e a orientação do campo elétrico produzido pelo dipolo também variam. Além disso, como a corrente elétrica varia com o tempo, o módulo e a orientação do campo magnético produzido pela corrente variam com o tempo. As variações dos campos elétrico e magnético não acontecem instantaneamente em toda parte, mas se propagam para longe da antena com a velocidade c da luz. Os campos variáveis formam uma onda eletromagnética que se afasta da antena com velocidade c . A frequência angular dessa onda é ω , a mesma do oscilador LC. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.4)

Referenciando-se à Figura 7.3, e utilizando um sistema de coordenadas cartesianas no espaço, poderemos dizer que a onda eletromagnética gerada pelo oscilador propaga-se em direção ao ponto P no sentido positivo do eixo x . Considerando este mesmo ponto P como um ponto desprezível, poderemos considerar a onda que atravessa este ponto como uma onda plana,

para simplificarmos a discussão. O campo elétrico oscila paralelamente ao eixo y , e o campo magnético oscila paralelamente ao eixo z . Assim, poderemos descrever as funções senoidais dos campos elétrico e magnético em função de x em relação ao tempo t :

$$E = E_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (7.1)$$

$$B = B_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (7.2)$$

onde as amplitudes dos campos são representadas por E_m e B_m e o número de onda (k) e a frequência angular (ω) expressos com seus respectivos símbolos, onde $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ e $\omega = 2\pi \cdot f$.

Considerando o ponto P constante, e que a fase da onda em relação à este ponto não se altera, teremos que a expressão $(kx - \omega t) = \text{constante}$. Derivando este termo em relação ao tempo, teremos:

$$k \cdot \frac{dx}{dt} - \omega = 0 \quad (7.3)$$

$$\frac{dx}{dt} = v = \frac{\omega}{k} \quad (7.4)$$

Mas como estamos trabalhando com ondas eletromagnéticas, cujo símbolo de velocidade de propagação é definido por c , temos que a velocidade de propagação da onda será dado por:

$$c = \frac{\omega}{k} \quad (7.5)$$

A representação da onda eletromagnética pode ser de duas formas: como uma reta orientada indicando a direção de propagação da onda, ou por frentes de onda representando os campos elétricos e magnéticos, conforme a Figura 7.4 (a). As frentes de onda estão sempre separadas por um comprimento de onda λ . Uma outra representação para ondas eletromagnéticas, ilustrada na Figura 7.4 (b) consiste na indicação dos vetores do campo elétrico e magnético, em um instantâneo de um certo momento da onda. Os módulos destes vetores representam as oscilações senoidais dos campos elétrico (\vec{E}) e magnético (\vec{B}), perpendiculares entre si e a direção de propagação da onda.

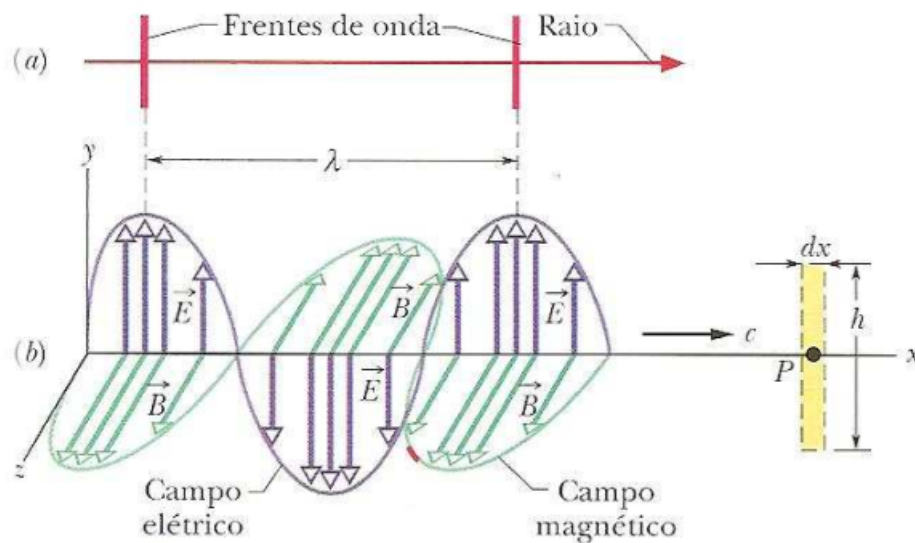
Halliday, Resnick e Walker (2009) relatam em sua obra a descrição e complexidade desta característica das ondas eletromagnéticas:

No instante indicado os campos elétrico e magnético possuem um certo módulo e uma certa orientação (mas sempre perpendiculares ao eixo x em cada ponto do eixo x . Como estamos representando estas grandezas vetoriais como setas, devemos traçar duas setas para cada ponto, todas apontando para longe

do eixo x , como espinhos de uma roseira. Entretanto, as setas representam apenas os valores do campo elétrico e magnético em pontos sobre o eixo x a pontos fora do eixo.

Desenhos como o apresentado ajudam a visualizar o que é, na verdade, uma situação muito complexa. Considere em primeiro lugar um campo magnético. Como está variando senoidalmente, o campo induz (através da lei de indução de Faraday) um campo elétrico perpendicular que também varia senoidalmente. Entretanto, como o campo elétrico está variando senoidalmente, induz (através da lei de indução de Maxwell) um campo magnético perpendicular que também varia senoidalmente, e assim por diante. Os dois campos criam continuamente um ao outro através da indução, e as variações senoidais dos campos se propagam como uma onda: a onda eletromagnética. Se esse fenômeno espantoso não existisse não poderíamos enxergar; na verdade, como precisamos das ondas eletromagnéticas do Sol para manter a Terra aquecida, sem esse fenômeno não poderíamos nem existir. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.6)

Figura 7.4 – Representações de uma Onda Eletromagnética



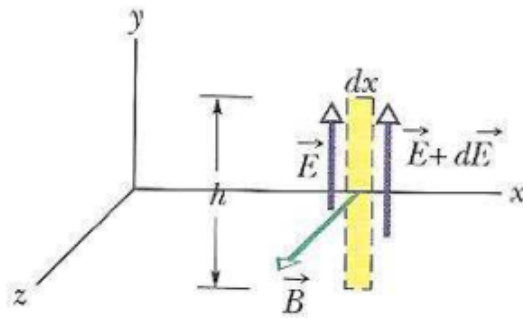
Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

7.2 O Campo Elétrico Induzido

Ao passar pelo ponto P , a onda eletromagnética oscilando em uma variação senoidal do campo magnético (\vec{B}), na região de um retângulo infinitesimal representado por base dx e altura h na Figura 7.4 (b) envolvendo o ponto P , no plano xy , induz campos elétricos ao longo deste retângulo. Esta onda, propagando no sentido da esquerda para a direita, nesta área do retângulo tem seu fluxo magnético Φ_B alterado de acordo com a lei de indução de Faraday, produzindo campos elétricos, sendo estes a componente elétrica da onda eletromagnética. O

campo magnético ao passar pelo ponto P , logo após ao instante de pico da onda, onde o módulo do campo magnético está diminuindo, também tem como resultado a redução do fluxo magnético na mesma proporção em que o campo magnético reduz. Conforme a lei de Faraday, esta variação de fluxo resulta em um campo elétrico que tende a opor-se à variação do campo magnético, resultando em um campo magnético (\vec{B}) no sentido positivo do eixo z . Este fenômeno é similar ao que ocorreria com uma espira condutora, que faz surgir uma corrente elétrica no sentido anti-horário ao perímetro do retângulo, conforme a lei de Lenz. Análogo a este fenômeno, sabemos que não há nenhuma espira, mas esta análise demonstra que o fenômeno do campo elétrico induzido, $\vec{E} + d\vec{E}$ possui a orientação mostrada na Figura 7.5, tendo o módulo $\vec{E} + d\vec{E}$, maior que \vec{E} .

Figura 7.5 – Vetores do Campo Elétrico



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Aplicando a lei de indução de Faraday, então teremos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (7.6)$$

percorrendo retângulo da Figura 7.5, no sentido anti-horário. Considerando que a integral dos lados do retângulo que encontram-se paralelos ao eixo x é nula, visto que \vec{E} e $d\vec{s}$ são perpendiculares. Então a integral possui o valor:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = (E + dE)h - Eh = h dE \quad (7.7)$$

O fluxo Φ_B que transpassa o retângulo será:

$$\Phi_B = (B)(h dx) \quad (7.8)$$

sendo B o módulo de \vec{B} no interior do retângulo e considerando $h dx$ a área deste mesmo retângulo. Derivando a Equação 6.8 em relação ao tempo t , obteremos a seguinte equação:

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = h dx \frac{dB}{dt} \quad (7.9)$$

Substituindo as Equações 7.7 e 7.9 na Equação 6.6 teremos:

$$h dE = -h dx \frac{dB}{dt} \quad \text{ou} \quad \frac{dE}{dx} = -\frac{dB}{dt} \quad (7.10)$$

Poderemos observar que B e E são funções de duas variáveis, em x e t , conforme constatamos nas Equações 7.1 e 7.2. Portanto, ao calcularmos dE/dx poderemos considerar que t é constante, já que a Figura 7.5 nos apresenta como um “instantâneo” da onda. Concomitantemente, ao calcularmos dB/dt poderemos considerar que x é constante, já que estamos operando com a taxa de variação de B em um ponto fixo, o ponto P da Figura 7.5. Teremos então, nessas circunstâncias, as derivadas parciais, destas parciais destas funções, as quais podem ser reescritas da Equação 7.10 na seguinte forma:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (7.11)$$

Observando que o sinal negativo nessa equação faz-se apropriado e necessário, uma vez que embora E esteja aumentando com x na região onde está situado o retângulo da Figura 7.5, B está diminuindo com o tempo t .

Aplicando as derivadas parciais, conforme a equação 7.1, obteremos:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = kE_m \cos(kx - \omega t) \quad (7.12)$$

assim como para a Equação 7.2, obteremos:

$$\frac{\partial B}{\partial t} = -\omega B_m \cos(kx - \omega t). \quad (7.13)$$

Substituindo os termos das Equações 7.12 e 7.13 na Equação 7.11, teremos:

$$kE_m \cos(kx - \omega t) = \omega B_m \cos(kx - \omega t). \quad (7.14)$$

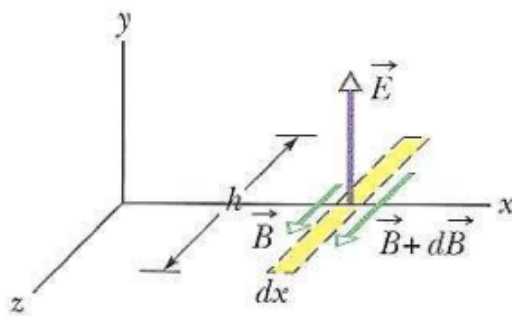
No caso de uma onda progressiva, a relação ω/k expressa a velocidade da onda, a qual denominamos c . Portanto, a Equação 7.12 será expressa como:

$$\frac{E_m}{B_m} = c \quad \text{razão entre as amplitudes} \quad (7.15)$$

7.3 O Campo Magnético Induzido

Tal qual a análise feita para os vetores do campo elétrico, analogamente poderemos analisar os vetores do campo magnético, referindo-nos ao ponto P fixo sob o eixo x . A Figura 7.6 representa outro retângulo infinitesimal tracejado sobre o ponto P referenciado na Figura 7.4 (b), mas no plano xz , para observarmos a componente magnética da onda. Assim que a onda eletromagnética passar pelo ponto P atravessando este novo retângulo, o fluxo elétrico ϕ_E que transpassa por este retângulo varia e, conforme a lei de indução de Maxwell, surgirá um campo magnético induzido nesta região do retângulo. Este campo magnético induzido será a componente magnética da onda eletromagnética, a qual encontra-se representada na Figura 7.6.

Figura 7.6 – Vetores do Campo Magnético



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Observamos que na representação da Figura 7.4 (b), para o ponto escolhido em nossa análise (ponto P), os vetores da onda eletromagnética para o campo elétrico estão paralelos ao eixo y . Para o campo magnético, os vetores desta componente estão paralelos ao eixo z , sendo que tanto o campo elétrico quanto o campo magnético encontram-se em fase. Procederemos à análise considerando o mesmo instante t . O campo magnético que atravessa o retângulo da Figura 7.6, de base dx e altura h , propaga-se no mesmo sentido do campo elétrico, ou seja, o sentido positivo do eixo x . Também consideraremos, conforme a análise anterior, que estaremos analisando o instante logo após o pico da onda, onde esta começa a decrescer. Estando em fase, tanto o campo elétrico quanto o campo magnético estão decrescendo na Figura 7.4 (b) em nosso

ponto de análise, sendo que o mesmo ocorre com o fluxo elétrico ϕ_E que atravessa o retângulo. Análogo ao raciocínio aplicado na Figura 7.5, observamos que a variação do fluxo Φ_E induz um campo magnético com vetores \vec{B} e $\vec{B} + d\vec{B}$ orientados como na Figura 7.6, com \vec{B} e $\vec{B} + d\vec{B}$, maior que \vec{B} .

Aplicando a lei de indução de Maxwell, temos:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad (7.16)$$

que percorre o retângulo tracejado na Figura 7.6 no sentido anti-horário. Somente as arestas de maior comprimento do retângulo contribuem para a integral, cujo valor é:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = -(B + dB)h + Bh = -h dB. \quad (7.17)$$

O fluxo Φ_E que transpassa o retângulo do eixo xz será dado por:

$$\Phi_E = (E)(h dx) \quad (7.18)$$

onde E representa o módulo médio do vetor \vec{E} no interior do retângulo. Derivando a Equação 7.18 em relação à t , teremos:

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = h dx \frac{dE}{dt}. \quad (7.19)$$

Substituindo essa Equação 7.19 e a Equação 7.17 na equação 7.16, obteremos o seguinte resultado:

$$-h dB = \mu_0 \epsilon_0 (h dx \frac{dE}{dt}) \quad (7.20)$$

e, considerando que B e E são funções de duas variáveis, conforme efetuado anteriormente nas equações 7.10 e 7.11, poderemos usar a notação de derivada parcial, conforme abaixo:

$$-\frac{\partial B}{\partial x} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (7.21)$$

Observamos novamente o sinal negativo nessa equação, dado que, enquanto B está aumentando com x no ponto P do retângulo da Figura 7.6, E está diminuindo com t . Substituindo os termos das equações 7.1 e 7.2 na Equação 7.21, temos:

$$-kB_m \cos(kx - \omega t) = -\mu_0 \epsilon_0 \omega E_m \cos(kx - \omega t) \quad (7.22)$$

que também poderá ser escrito isolando os termos E_m e B_m , conforme a Equação 7.23:

$$\frac{E_m}{B_m} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0 (\omega/k)} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0 c} \quad (7.23)$$

Reescrevendo a Equação 7.23 com a equação 7.15 obtemos, substituindo os termos comuns, teremos:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (\text{velocidade da onda}) \quad (7.24)$$

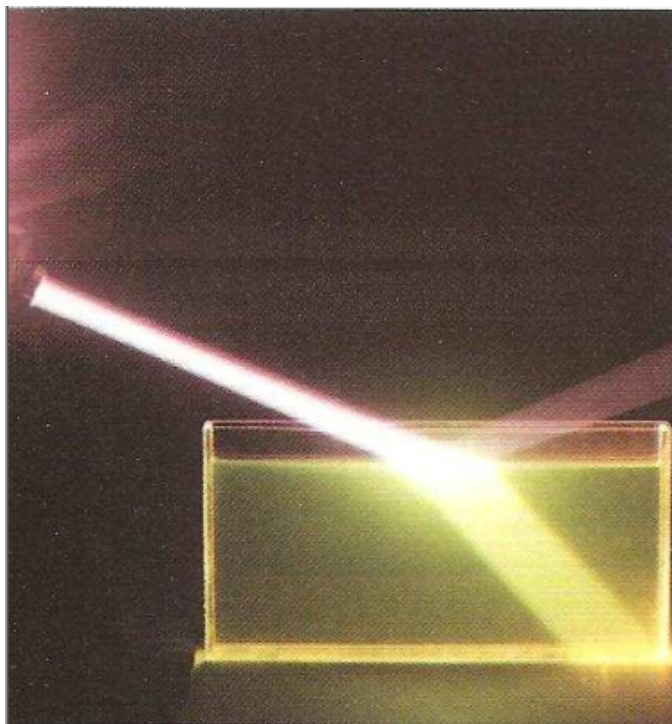
De posse destes resultados, e substituindo os valores das constantes μ_0 e ϵ_0 na Equação 7.24, obteremos em valores a velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, sendo também a velocidade da luz:

$$c = \frac{1}{\sqrt{(1,256637061 \cdot 10^{-6})(8,854187817 \cdot 10^{-12})}} \implies \boxed{c = 299.792.458 \text{ m/s}}$$

7.4 Reflexão e Refração

A Óptica Geométrica é o estudo das ondas luminosas utilizando como hipótese inicial de que a luz propaga-se em linha reta, conforme o vetor de propagação apresentado na Figura 7.4(a), onde, graficamente, a propagação da luz é representada através de uma reta orientada, indicando a direção de propagação da onda, composta por frentes de onda, representando os campos elétricos e magnéticos, sendo as frentes de onda espaçadas de um comprimento de onda - λ (lambda). Observamos, na Figura 7.7, a ilustração deste fenômeno, onde um feixe de raio luminoso monocromático, originado à esquerda da ilustração, denominado feixe de raio incidente, propagando-se pelo ar, incide sobre a superfície plana da água. Ao tocar a superfície de separação entre o ar e a água, superfície esta também chamada de dióptro, parte deste raio incidente é refletido formando um feixe que se propaga para cima e para a direita, tal qual estivesse sido rebatido pela superfície da água. Sendo a água um meio transparente, parte do raio luminoso incidente consegue atravessar esta superfície, penetrando-a, formando um feixe luminoso que se propaga para a direita e para baixo. Este fenômeno em que a luz atravessa a interface que separa dois meios de propagação diferentes para um raio luminoso é chamado de refração. Em meios homogêneos, a luz se propaga sempre em linha reta. Mas ao ocorrer o fenômeno de refração na propagação da luz, ocorre também a mudança de direção,

Figura 7.7 – Reflexão e Refração da Luz



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

a partir da interface entre as superfícies. Dentro da água, a propagação permanece em linha reta. Este fenômeno da mudança de direção ocorre sempre, a menos que o raio incidente esteja perpendicular à interface de separação dos meios.

Na Figura 7.8, é possível identificar, como componentes deste fenômeno, o raio incidente, o raio refratado e o raio refletido, assim como as frentes de onda associadas. Também é possível observar a orientação destes raios em relação à sua direção, que é dada em relação a uma reta imaginária, a qual denominamos reta normal, perpendicular à interface de separação das superfícies, no ponto onde ocorrem a reflexão e a refração. Identificamos o **ângulo de incidência** (θ_1), o **ângulo de reflexão** (θ_1') e o **ângulo de refração** (θ_2), sendo todos medidos em relação à reta normal, estando todos no mesmo plano do raio incidente.

Resultados experimentais obtidos nos estudos da Óptica Geométrica demonstraram que os fenômenos de reflexão e refração obedecem a dois princípios, que são dados conforme as seguintes leis, em Halliday, Resnick e Walker (2009):

Lei da reflexão: O raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência. Isso significa que

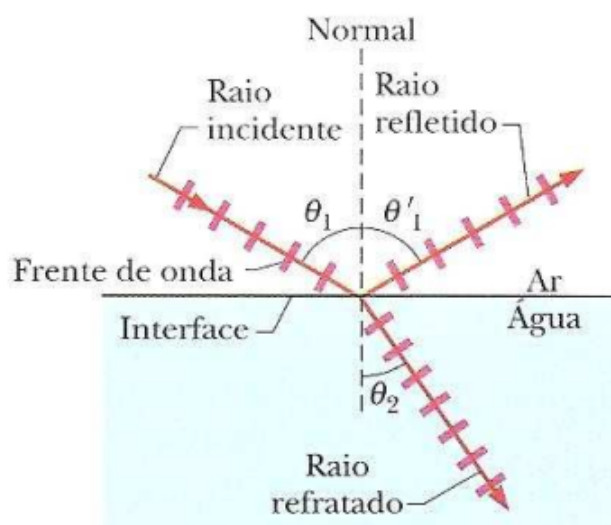
$$\theta_1' = \theta_1 \quad (7.25)$$

Lei da refração: O raio refratado está no plano de incidência e tem um ângulo de refração θ_2 que está relacionado ao ângulo de incidência θ_1 através da equação

$$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_1 \quad (7.26)$$

onde n_1 e n_2 são constantes adimensionais, denominadas **índices de refração**, que dependem do meio onde a luz está se propagando.

Figura 7.8 – Reflexão e Refração da Luz



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

O índice de refração refere-se à razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio de propagação, definido por:

$$n = \frac{c}{v} \quad (7.27)$$

Na Tabela 7.1, encontram-se relacionados alguns valores de índices de refração da luz para alguns materiais mais comuns. Observa-se que o valor de n é sempre maior que 1, considerando o índice de refração do vácuo ser exatamente igual a 1.

Reescrevendo a Equação 7.26 em função da razão entre os índices de refração dos meios, teremos:

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \quad (7.28)$$

onde poderemos comparar o ângulo de refração θ_2 com o ângulo de incidência θ_1 . De acordo com esta equação, o valor de θ_2 depende dos valores de n_1 e n_2 , e poderemos inferir três resultados conforme abaixo:

Tabela 7.1 – Tabela de índices de Refração da Luz

Índices de Refração de Alguns Meios ^a			
Meio	Índice	Meio	Índice
Vácuo	1 (exatamente)	Vidro de baixa dispersão	1,52
Ar (CNTP) ^b	1,00029	Cloreto de sódio	1,54
Água (20°C)	1,33	Poliestireno	1,55
Acetona	1,36	Dissulfeto de carbono	1,63
Álcool etílico	1,36	Vidro de alta dispersão	1,65
Solução de açúcar (30%)	1,38	Safira	1,77
Quartzo fundido	1,46	Vidro de altíssima dispersão	1,89
Solução de açúcar (80%)	1,49	Diamante	2,42

^aPara um comprimento de onda de 589 nm (luz amarela do sódio).

^bCNTP significa “condições normais de temperatura (0°C) e pressão (1 atm)”.

Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

1. para $n_2 = n_1$, $\theta_2 = \theta_1$. Neste caso, não há desvio do raio luminoso, a propagação ocorre sem que o raio luminoso sofra desvio em relação à reta normal, continuando a sua trajetória de propagação retilínea;
2. para $n_2 > n_1$, $\theta_2 < \theta_1$. A refração ocorre com desvio do raio luminoso, fazendo com que o raio luminoso se aproxime da reta normal;
3. para $n_2 < n_1$, $\theta_2 > \theta_1$. A refração ocorre com o desvio do raio luminoso, fazendo com que o raio luminoso se afaste da reta normal;

7.5 Dispersão Cromática

O índice de refração do meio, o qual depende do comprimento de onda, é dado pela razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio de propagação, conforme a Equação 7.27. Também poderemos obter a a velocidade de propagação da luz no meio considerando o comprimento de onda e a frequência, conforme a expressão:

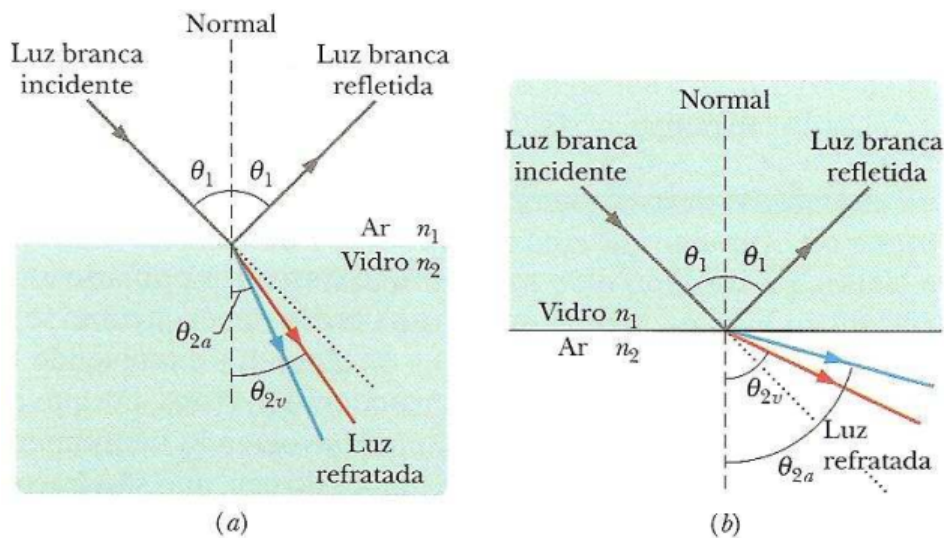
$$v = \lambda \cdot f \quad (7.29)$$

Substituindo os termos da Equação 7.29 na Equação 7.27, obteremos a expressão do índice de refração do meio em função do comprimento de onda e frequência:

$$n = \frac{c}{\lambda \cdot f} . \quad (7.30)$$

Considerando que “ c ” é uma constante, e, no fenômeno de refração, a frequência (f) da luz monocromática não se altera, temos que o comprimento de onda (λ) é uma componente variável, o qual depende do índice de refração do meio (n), variando proporcionalmente à razão do seu inverso. Para um feixe luz policromática, formado por raios de luz de diferentes comprimentos de onda, o ângulo de refração é diferente para cada comprimento de onda (λ) do feixe de luz, conforme o índice de refração da luz no meio de propagação (n). Poderemos observar que, de acordo com a Equação 7.28, ao atravessar um determinado meio de propagação, cada feixe luminoso incidindo com mesmo ângulo de incidência, passará por um desvio de trajetória conforme o índice de refração do meio incidente, alterando seu comprimento de onda, sendo o ângulo de refração diferente para cada comprimento de onda componente deste feixe. Este fenômeno, conhecido como **dispersão cromática**, é o responsável pela decomposição da luz branca (policromática) fazendo com que ocorra a decomposição da luz branca em feixes de cores da luz visível, do espectro eletromagnético, conforme mostrado na Figura 7.9, ressaltando que tanto os raios incidente, refletidos e refratados encontram-se no mesmo plano. .

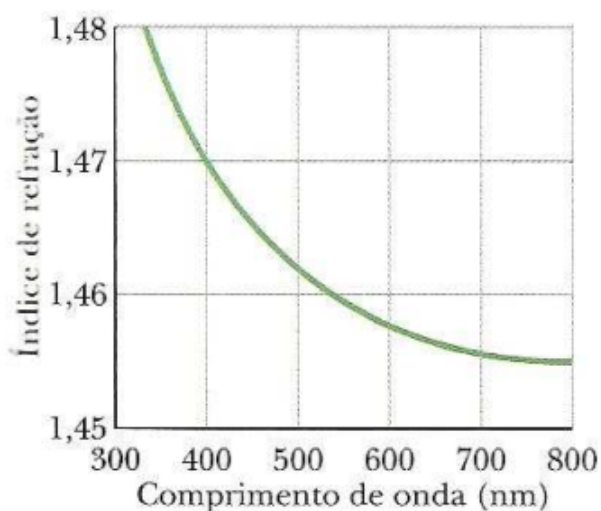
Figura 7.9 – Dispersão Cromática



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Considerando o espectro de frequências eletromagnéticas, na região da luz visível, a menor frequência (com maior comprimento de onda) correspondente à cor vermelha, e a maior frequência (com menor comprimento de onda) corresponde à cor azul/violeta. De um modo geral, o índice de refração é maior para comprimentos de ondas menores, tal qual o azul, e, conseqüentemente, o índice de refração é menor para os comprimentos de onda maiores, tal qual o vermelho. A Figura 7.10 apresenta esta variação do índice de refração conforme o comprimento de onda para um cristal de quartzo.

Figura 7.10 – Índice de Refração para o Cristal de Quartzo por Comprimento de onda

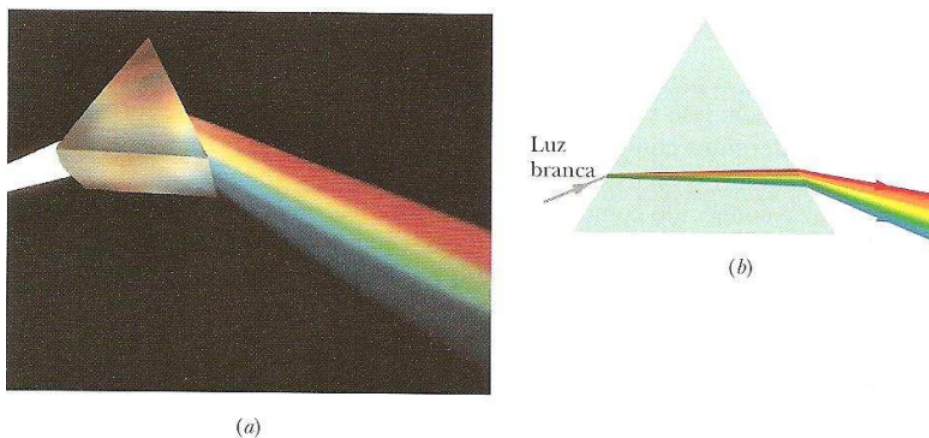


Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Um feixe de luz branca (policromático), composto por todos os comprimentos de onda, e, conseqüentemente, por todas as cores, incidindo do ar em um material que, como vimos, possui índice de refração diferente para cada comprimento de onda, será refratado em diferentes ângulos para cada raio monocromático, ocasionando a decomposição da luz branca.

Ainda para a Figura 7.9 observamos os desvios para os feixes monocromáticos azul e vermelho ao incidirem do ar para o cristal, onde o feixe azul possui o maior desvio, e ao mudar novamente do cristal para o ar, temos o maior desvio para o vermelho e um menor desvio para o feixe azul. A linha pontilhada apresenta a direção dos raios, caso não ocorressem os desvios em relação à reta normal. O fenômeno da dispersão cromática é o que observamos ao presenciar a decomposição da luz ao atravessar um prisma triangular conforme o apresentado na Figura 7.11.

Figura 7.11 – Dispersão Cromática - Decomposição da Luz por um Prisma

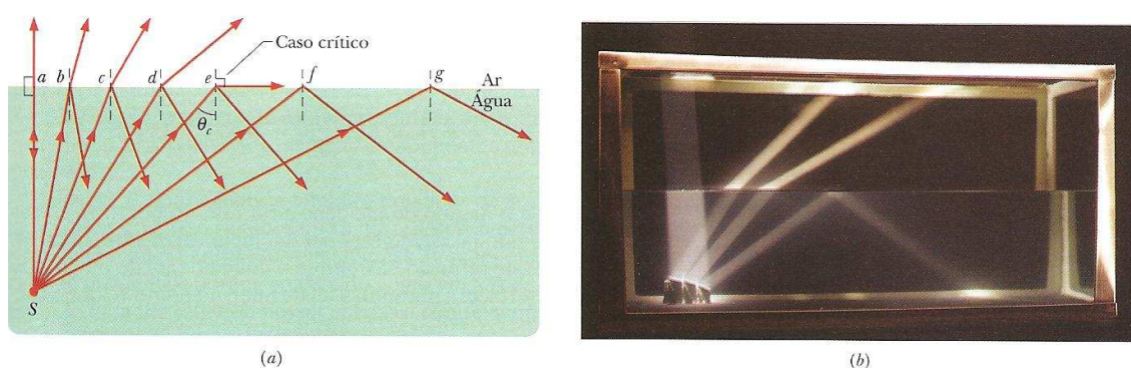


Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

7.6 Reflexão Interna Total

Por definição, o termo refração refere-se ao fenômeno físico no qual a luz, tal qual uma onda eletromagnética, ou qualquer outro tipo de onda, sofre desvios em sua trajetória, alterando sua velocidade e seu comprimento de onda ao mudar de meio de propagação, permanecendo inalterada a sua frequência inicial. O desvio em sua direção ao mudar de meio é medido em relação à reta normal, sendo esta traçada perpendicularmente à interface de separação aos meios de propagação, no ponto onde ocorrerá a reflexão e a refração. O desvio sofrido pelo raio luminoso dependerá dos índices de refração dos meios de propagação, de acordo com a Lei de Snell (equação 7.28), assim como do ângulo de incidência do raio luminoso sobre a interface de separação dos meios. A Figura 7.12 nos apresenta um tanque contendo água em seu interior, estando imerso neste uma fonte luminosa de onde originam-se raios luminosos monocromáticos com ângulos de inclinações diferentes.

Figura 7.12 – Reflexão Interna Total - Ângulo Crítico



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009

Esta mesma figura também nos mostra a representação do fenômeno, sendo o ponto “CS” a fonte pontual de onde emergem os raios que, ao propagarem-se, atingem a interface do dioptra nos pontos de “a” até “g”, com suas respectivas inclinações de incidência. Ao atingirem a interface, os raios serão parcialmente refletidos internamente na água (meio n_1) e parcialmente refratados para o ar (meio n_2).

Avaliando individualmente cada um dos raios, observamos que o raio “a” que incide perpendicularmente na interface, resulta em parte da luz refletida pela interface e parte da luz refratada para o meio n_2 , penetrando o ar sem ocorrer a mudança de direção. Para os raios de “b” até “e”, os quais atingem a interface com ângulos de incidência cada vez maiores, ocorre também a reflexão e a refração dos raios. O ângulo de refração é cada vez maior, conforme o ângulo de incidência, sendo que para o raio “e” o ângulo de refração é de 90° , onde temos o raio refratado paralelo à interface do dioptra.

Para este caso específico, onde o raio refratado é de 90° , sendo paralelo à interface, temos o que chamamos de **ângulo crítico**, sendo representado pelo símbolo θ_c . Os raios para os quais o ângulo de incidência é maior que o ângulo θ_c , como os raios “f” e “g”, não ocorre a refração do raio luminoso, sendo todo o raio refletido internamente ao mesmo meio, fenômeno este conhecido como **reflexão interna total**.

Considerando o ângulo de refração igual a 90° para a interface entre os meios n_1 , água e n_2 , ar, poderemos, através da Equação 7.26, determinar o valor do ângulo crítico:

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_c = n_2 \operatorname{sen} 90^\circ,$$

obtendo:

$$\theta_c = \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (\text{ângulo crítico}). \quad (7.31)$$

Sendo o seno de um ângulo sempre menor ou igual a unidade ($\operatorname{sen} \theta \leq 1$), observamos na equação que há uma restrição para que ocorra a reflexão interna total. Ou seja, n_2 , na equação 7.31, não pode ser maior que n_1 . O que significa que a reflexão interna total somente ocorrerá na interface entre o meio incidente, de índice de refração maior, e o segundo meio, de índice de refração menor ($n_1 > n_2$). Diversas aplicações tecnológicas utilizam o princípio da reflexão interna total. Dentre elas podemos citar as telecomunicações através do uso da fibra óptica, a Medicina com seus equipamentos de diagnósticos médicos e também os equipamentos cirúrgicos pouco invasivos, e também outras áreas do polo industrial.

8 METODOLOGIA

Através da elaboração de uma sequência didática que utiliza instrumentos presentes no cotidiano dos estudantes, que são o celular e os recursos em softwares, buscamos investigar a possibilidade das TICs auxiliarem na apropriação do conhecimentos dos discentes em uma escola pública do ensino do médio para o ensino da Física. A Tecnologia da Informação e comunicação, de uso habitual para a maioria dos jovens, apresenta-se em diversos formatos, tais como softwares embarcados em aparelhos celulares, console de jogos eletrônicos, aparelhos de TV e eletrodomésticos em geral.

A pesquisa possui o caráter qualitativo, e busca observar o aspecto motivacional dos estudantes a partir da inserção do uso de softwares de simulação de fenômenos físicos como um recurso didático para o estudo e a apropriação do conhecimento no ensino da Física, em atividades a serem desenvolvidas no formato de ensino remoto ou híbrido, combinando aulas online síncronas ou aulas presenciais tradicionais, com o uso de laboratórios virtuais, concatenados nestes formatos.

O público alvo para o referido estudo foram as turmas de terceiro ano EJA de uma escola estadual localizada em Belo Horizonte/MG, que possui cerca de 880 estudantes divididos em 25 turmas nos 3 turnos, compreendendo as modalidades de ensino fundamental, ensino integral, ensino médio e EJA, com faixa etária entre 19 e 27 anos, o que compreende a proposta do nosso estudo para os nativos digitais, apresentada no capítulo 3 deste trabalho.

Para o desenvolvimento da sequência didática e da pesquisa, convidamos os estudantes durante as aulas. Doze (12) estudantes do ensino médio EJA iniciaram as atividades respondendo ao questionário motivacional, mas, ao final, apenas cinco (5) estudantes concluíram. A sequência didática foi utilizada no formato de atividades complementares durante as aulas. Para a composição das notas dos estudantes no ensino médio EJA, no primeiro e segundo bimestres, as atividades complementares representam 30% do total.

Nas aulas iniciais, houve a necessidade de alterarmos o conteúdo previamente desenvolvido no AVA Moodle para a plataforma Google Classroom, sendo esta a plataforma definida para o desenvolvimento das aulas no estado de Minas Gerais. Disponibilizamos inicialmente o acesso ao questionário motivacional e problematização inicial aos estudantes através desta plataforma.

8.1 Metodologia de Pesquisa

Para a nossa pesquisa, considerando a visão de Ribas (2017), a proposta investigou a motivação inicial, ou ainda a falta dela, apresentada pelos estudantes frente ao estudo da Física. Para esta investigação, iniciamos com o questionário motivacional de avaliação de atitude dos estudantes em relação ao estudo da Física, adaptado de Ribas (2017). Este instrumento foi proposto e elaborado por Talim (2004), validado a partir de quatro categorias de evidências, sendo elas, a análise de itens através da correlação item-total, a análise fatorial, a consistência interna e a validade concorrente, avaliando 502 estudantes das redes de ensino particulares, estaduais e municipais de Minas Gerais. A proposta do autor para o instrumento de medição era avaliar dois grupos de características dos estudantes, relacionando os efeitos das atitudes nos processos de ensino e aprendizagem em Física, assim como as características que visam modificar suas atitudes. Em nosso estudo, o questionário foi apresentado como primeira atividade aos estudantes, e reaplicado ao término dos cinco encontros da sequência didática, com o propósito de comparar alterações no comportamento e conceitos pré-concebidos do estudante, antes e após participar das atividades elaboradas nesta metodologia e formato de ensino. Este item de investigação torna-se importante, uma vez que a predisposição ao aprendizado é uma condição necessária, na visão ausubeliana, pois, mesmo que o professor forneça um material potencialmente significativo, ainda há a possibilidade de o discente armazenar essa informação arbitrariamente na estrutura cognitiva, fato este que caracterizaria uma aprendizagem mecânica (RIBAS, 2017).

O questionário apresentado aos estudantes possui 28 itens, no formato estruturado, com 5 opções de respostas entre concordo totalmente e discordo totalmente. As questões apresentadas abordam fatores como motivação, interesse e aplicabilidade do conhecimento com relação ao estudo da Física. Os itens relativos a estes fatores encontram-se dispostos em ordem aleatória e, dentre eles, alguns com predominância antagônica. Desta forma, intenciona-se buscar uma resposta verdadeira do estudante, podendo ainda desconsiderar aquelas questões que se apresentarem contraditórias durante a análise do questionário. Busca-se, na análise do referido questionário, indícios de motivação extrínseca e sua possível alteração para motivação intrínseca após as atividades propostas. Para isto, os questionários serão identificados com o código de matrícula do estudante ao fazer o *login* na plataforma, para que as análises sejam possíveis para o mesmo respondente, individualmente.

Assim como o questionário motivacional, também foi apresentado aos estudantes um questionário teórico com questões iniciais sobre o tema a ser estudado. A finalidade deste questionário teórico é o levantamento sobre o conhecimento prévio dos estudantes em relação à Óptica Geométrica, seus fenômenos e princípios. Este conhecimento prévio (subsunções) permite uma avaliação posterior sobre o entendimento e a apropriação do conteúdo apresentado aos estudantes, assim como possibilita ajustes ou reforços em pontos específicos, durante o desenvolvimento das atividades, permitindo atingir os objetivos de aprendizagem. O questionário teórico também aborda algumas questões sobre o uso da luz como um recurso tecnológico e seu uso no cotidiano, a relação entre a ciência e a tecnologia, o desenvolvimento contínuo e ambivalente, e o reflexo do avanço destas áreas na sociedade. Estas questões indicam a expectativa do público alvo sobre o tema. Não se espera encontrar inicialmente relatos sobre o uso da fibra óptica na indústria (aviões, máquinas e robótica), na saúde (exames e cirurgias pouco invasivas), na tecnologia da informação e comunicação de dados (Internet, cabos submarinos, interligação de metrópoles e continentes, altas taxas de transmissão de informação devido à velocidade de propagação da luz), mas pretende-se, de imediato, despertar a curiosidade do estudante para esta ambivalência entre a ciência e a tecnologia.

Sob o foco da questão diretriz e do objetivo de pesquisa, busca-se investigar indícios sobre a possibilidade do uso da Tecnologia da Informação e Comunicação contribuir como um agente motivador no ensino de Física, promovendo a apropriação do conhecimento. E, também, avaliar a motivação dos estudantes do ensino médio na escola pública para o estudo da física com um material didático complementar aos Planos de Estudo Tutorados (PET), no formato multimídia, através do uso de *softwares* de simulação, para a execução de aulas práticas em laboratórios virtuais.

A resposta dos questionários de motivação e teórico fazem parte do nosso conjunto de dados de análise, para responder à questão diretriz e o objetivo de pesquisa.

8.1.1 Instrumentos de coleta e análise de dados

Explicitando melhor os itens de análise, além do questionário de motivação (M) e do questionário Teórico (T) que foram aplicados no início e final da sequência, temos o resultado da pontuação obtida pelo estudante nos questionários eletrônicos disponibilizados na plataforma (E), e também as respostas dos estudantes nos roteiros de laboratório (A). A substituição da plataforma AVA Moodle, que permitiria o acesso aos dados estatísticos de navegação e uso dos

estudantes em arquivos de registros em banco de dados, para o Google Classroom, impediu-nos de avaliar a interatividade do estudante com a plataforma. Apenas o registro de entrega dos trabalhos e a pontuação obtida nos questionários foram passíveis de análise. Para o AVA Moodle, onde teríamos acesso aos dados estatísticos de uso da plataforma, seria possível uma maior comparação entre os índices componentes da presente pesquisa, onde teríamos os dados estatísticos sobre o tempo disponibilizado para o estudo de cada conteúdo, permitindo uma correlação entre este dado e os resultados obtidos em cada atividade, assim como o tempo para cada tentativa do questionário eletrônico.

Buscando ressaltar o uso do recurso em *software*, o que evidenciaria o uso de recursos da Tecnologia da Informação como o agente motivador, foi também proposto um outro instrumento, o Questionário de Opinião (O) sobre o uso do Laboratório Virtual PHET, para complementar os itens de pesquisa. Este questionário, apresentado na seção de apêndices deste trabalho, visa fortalecer os indícios dos resultados obtidos nos outros itens de análise propostos em nossa pesquisa.

De posse destes 5 pontos de análise, estabelecemos relações entre eles, o que permitiu inferir e avaliar os resultados destes relacionamentos.

8.1.2 Procedimento de análise dos dados

Avaliando o estudo da Física sob a perspectiva da motivação do estudante, na busca de indícios onde a tecnologia da informação possa compor insumos de apoio e uso como instrumentos didáticos, procedemos com a análise da nossa pesquisa.

Sob a questão diretriz “O uso de recursos didáticos da Tecnologia da Informação e Comunicação pode contribuir como um agente motivador no ensino de Física, promovendo a apropriação do conhecimento?”, do objetivo geral de pesquisa “Avaliar a motivação dos estudantes de escolas públicas do ensino médio para o estudo da Física, com um material didático complementar no formato multimídia, através do uso de softwares de simulação para o desenvolvimento de aulas práticas em laboratórios virtuais”, avaliamos os dados coletados para a pesquisa, sob a perspectiva e possibilidade de ser este recurso um facilitador na apropriação do conhecimento para o estudante.

Segundo Siqueira e Wechsler (2006), a motivação é um comportamento que não pode ser mensurado, mas pode ser inferido por instrumentos de avaliação psicométricos, sendo comumente utilizados os questionários comportamentais. A proposta inicial buscou identificar a

atitude do estudante para o aprendizado da Física, para isso, utilizamos o questionário motivacional, adaptado de Ribas (2017), apresentado no Apêndice A.

Em sua proposta original, o questionário era composto por 28 questões de investigação comportamental, de aplicações sobre o conhecimento teórico e de associações práticas deste conhecimento. As questões apresentadas ao estudante com 5 níveis de opções de respostas para cada item, atribuindo pontuações de 1 a 5 pontos para cada nível de resposta, conforme a opção selecionada pelo estudante, em cada questão.

Com os indicadores de concordo fortemente (CF), concordo (C), sem opinião (SO), discordo (D) e discordo fortemente (DF), as respostas são pontuadas em cada questão.

Em nosso estudo, buscando tornar mais evidentes os indícios pesquisados, utilizamos este instrumento de medição, mas alteramos a pontuação atribuída aos níveis de opções da escala Likert, e também alteramos os termos “Fortemente” para “Totalmente”, buscando enfatizar a reflexão interna dos estudantes do ensino médio, ou até mesmo evitando gerar dúvidas com relação à interpretação do sentido do termo “Fortemente”, sem, contudo, alterar a validação já referenciada na proposta original em Talim (2004). Utilizamos a escala de pontuações na faixa de -2,0 a +2,0, sendo zero o ponto de central da escala, referente à opção sem opinião formada (SO), +2,0 pontos para a opção concordo totalmente (CT) e -2,0 pontos para a opção discordo totalmente (DT). Este mecanismo de pontuação foi aplicado às questões expressivas de positividade. Para as questões expressivas de negatividade teremos a pontuação inversa, sendo -2,0 para concordo totalmente (CT) e +2,0 para discordo totalmente (DT). Com esta mudança na escala, teremos pontuações positivas como expressivas de atitude favorável ao estudo da Física, assim como pontuações negativas expressivas de atitudes desfavoráveis ao estudo da Física, nas respostas apresentadas pelos estudantes. Neste novo formato, obtivemos então uma pontuação total entre -56,0 a +56,0 pontos, representando as indicações para atitudes favoráveis e desfavoráveis ao estudo da Física.

A coleta de dados do questionário motivacional foi feita através de um questionário disponibilizado aos estudantes no Google Classroom, ferramenta integrante do Conexão Escola⁴, no formato de questionário virtual. Esta ferramenta coleta os dados disponibiliza as informações dos resultados em planilha eletrônica, que pode ser transferida para o computador e processada

⁴ Projeto implementado pelo Governo de Minas Gerais durante o período de estudos remotos tutorado, nas escolas públicas estaduais, durante o período de isolamento social necessário devido à pandemia de Covid-19.

localmente. A planilha possui em sua aba principal a identificação dos estudantes respondentes, com suas respectivas opções selecionadas durante o teste, conforme demonstrado na Figura 8.1.

Figura 8.1 – Planilha 1 - Coleta de dados questionário motivacional

COLETA DE DADOS - QUESTIONÁRIO DE ATITUDE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À FÍSICA								
Arquivo de data/hor	Endereço de e-mail	Os problemas de Física despertam minha curiosidade	Eu não gosto de Física	Não consigo entender nada de Física	A Física é fascinante	Estudo Física porque sou obrigado	Tenho prazer em resolver um problema de Física	Nas aulas de Física me sinto bem
4/15/2021 20:15:57	...	Concordo	Sem Opinião formada	Concordo	Sem Opinião formada	Sem Opinião formada	Sem Opinião formada	Concordo
4/15/2021 20:21:54	...	Concordo	Sem Opinião formada	Discordo	Sem Opinião formada	Discordo	Discordo	Sem Opinião for
4/15/2021 21:02:52	...	Discordo	Concordo	Sem Opinião formada	Sem Opinião formada	Concordo	Discordo	Sem Opinião for
4/15/2021 21:35:12	...	Discordo Totalmente	Discordo Totalmente	Discordo Totalmente	Sem Opinião formada	Discordo	Discordo	Sem Opinião for
4/21/2021 19:58:08	...	Sem Opinião formada	Sem Opinião formada	Concordo	Sem Opinião formada	Concordo	Discordo	Sem Opinião for
4/28/2021 15:43:28	...	Concordo	Discordo	Discordo	Concordo	Discordo	Concordo	Concordo
4/28/2021 16:14:20	...	Concordo	Discordo	Discordo	Discordo	Sem Opinião formada	Sem Opinião formada	Sem Opinião for
5/1/2021 17:33:08	...	Concordo	Concordo	Sem Opinião formada	Concordo	Concordo	Discordo	Discordo

Fonte: O autor

Em uma aba secundária, temos o processamento dos dados, com a conversão dos índices (DT) a (CT) para os respectivos valores de pontuação, a soma dos pontos obtidos, o resultado final do questionário, a análise do resultado e a indicação sobre a motivação ou a ausência dela, conforme apresentado na Figura 8.2. O resultado dos dados processados, assim como a pontuação total obtida por cada estudante na aba secundária, são transportados para a aba principal da planilha, nos seus respectivos campos. Desta forma, obtivemos a indicação da avaliação motivacional expressa na planilha principal, para a avaliação individual de cada estudante.

Figura 8.2 – Planilha 2 - Processamento de dados questionário motivacional

COLETA DE DADOS - QUESTIONÁRIO DE ATITUDE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À FÍSICA												
A Física me ajuda a resolver problemas	Um problema difícil de Física me incomoda quando	Sinto-me incomodado quando	As aulas de Física me deixam inquieto	Quando estudo Física, sinto-me	Os conteúdos de Física não me são	Sinto-me bem resolvendo problemas	Sinto desgosto só de ouvir a palavra	Não acho nenhuma utilidade para o que	Desejo aprender Física, pois julgo que	Sinto-me tranquilo e confiante nas aulas	SOMA	RESULTADO
1	-1	-1	1	0	0	1	1	1	-1	0	11	MOTIVADO
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	MOTIVADO
12	0	-1	-1	-1	0	0	1	0	0	0	-6	DESMOTIVADO
13	-1	-1	-1	1	1	0	1	1	1	1	8	MOTIVADO
14	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	27	MOTIVADO
15	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	MOTIVADO
16	-1	-2	2	1	-2	2	-1	1	-2	-2	-6	DESMOTIVADO
17	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	18	MOTIVADO
18	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	18	MOTIVADO
19	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	24	MOTIVADO
20	2	-1	-1	2	-2	-2	-1	-1	1	-2	-6	DESMOTIVADO

Fonte: O autor

De posse destes resultados, pudemos iniciar a análise dos estudantes conforme o foco da pesquisa, selecionando os respondentes pelo resultado da pontuação ou pelo status motivacional.

Após uma análise geral dos estudantes que responderam o questionário motivacional, focamos nossa análise nos estudantes com o status “Desmotivado”, sendo estes estudantes o

foco da pesquisa em curso, para a avaliação do aproveitamento na sequência didática, descrita no capítulo 9, e apresentada no Caderno do Professor, que acompanha este trabalho

O nosso próximo item de análise é o questionário teórico (T), com o qual avaliamos o conhecimento prévio do estudante com relação ao que ele já conhece sobre a Óptica Geométrica, os conceitos e fundamentos do assunto a ser estudado, e também investigamos sobre conhecimentos prévios da ambivalência entre ciência e tecnologia e aplicação destes conhecimentos em um contexto prático. As disciplinas no ensino médio geralmente apresentam poucos exemplos de aplicações práticas e no cotidiano dos estudantes. Acreditamos que, quando os exemplos práticos são explorados, a assimilação e apropriação do conhecimento apresentado é favorecida, sendo que este fato corrobora a literatura fundamentada na visão ausubelinana, considerando a reconfiguração dos subsunçores presentes da estrutura cognitiva. No caso da Física, a gama de aplicações e exemplos é mais ampla, pelo fato de ser uma ciência descritiva, ao contrário das ciências normativas, sendo que a apropriação do conhecimento poderia ser favorecida ao estudante, onde a exploração de temas sob o reforço da ambivalência ciência e tecnologia, a associação de teoria e prática, pode permitir uma maior proximidade e interesse pela disciplina. Referenciando-nos na Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018), a qual elenca as finalidades da etapa do ensino médio, sendo:

- I - A consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II - A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III - O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV - A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 2018, p. 464),

entendemos ser o recurso da exploração desta ambivalência um fator facilitador para a compreensão dos conteúdos da disciplina. No questionário teórico, buscamos explorar a associação da óptica Geométrica com a tecnologia da informação, utilizando a luz como meio de transmissão de dados através de cabos de fibra óptica, onde temos os benefícios da velocidade e altas taxas de transmissão, assim como a qualidade da comunicação imune a ruídos ou interferências eletromagnéticas. Também, o seu uso na área da saúde e medicina são mencionados, através dos exames clínicos pouco invasivos e as cirurgias a *laser*. Desta forma, espera-se despertar no

estudante o olhar para esta associação, assim como as tão esperadas perguntas “Por que estou estudando isto? Onde aplicarei este conhecimento?” muitas vezes apresentadas aos professores de Física ao iniciar novos conteúdos da disciplina.

Para o item de análise dos questionários eletrônicos (E), temos a pontuação alcançada pelo estudante nos questionários rápidos em cada tópico. Podemos obter a quantidade de tentativas realizadas pelo estudante, sendo no máximo de 3, a pontuação obtida em cada uma destas tentativas, os erros, acertos e a pontuação máxima obtida dentre todas as tentativas. Por motivos de utilização de uma plataforma em que não temos acesso ao tempo de interatividade com a mesma (Google Classroom) e também as estatísticas de acesso a cada material disponibilizado, podemos apenas obter o número de tentativas e pontuações sobre os questionários e avaliar a progressão ou não sobre este item de análise.

Ampliando os itens da pesquisa, temos os dados obtidos de análise da argumentação dos roteiros de laboratórios (A). Ressaltamos que não estamos buscando indícios de argumentação científica, mas sim a clareza na exposição de ideias e conclusões, assim como indícios de entendimento e aprimoramento de sínteses expressas nas respostas apresentadas pelos estudantes. Com este instrumento de coleta de dados, onde o estudante necessita interagir com *software* de simulação, explorando o conhecimento teórico, testando novas simulações do conhecimento, e argumentando sobre os resultados obtidos e esperados, esperamos obter mais informações sobre a apropriação do conhecimento por parte do estudante, assim como relatos de motivação para o estudo da Física. Os roteiros dos laboratórios, elaborados no formato semiestruturado, propõem situações de testes onde a exploração dos resultados devem ser registrados em tabelas, onde a conclusão depende da observação e da análise comparativa destes resultados. Após a conclusão de cada etapa, o estudante é levado a refletir sobre a problematização inicial e opinar, considerando a validade ou não da aplicação do atual conhecimento à solução da problematização. Neste sentido, esperamos que o estudante construa mentalmente os subsunçores para alicerçar entendimento dos próximos tópicos: a refração dos meios, o ângulo limite, a reflexão total, e o princípio de funcionamento da fibra óptica.

Buscando reforçar os indícios da nossa pesquisa, sobre o uso do *software* como um dos agentes da motivação para o estudo da Física, o qual poderá contribuir na intenção para a apropriação do conhecimento, utilizamos ainda um questionário de opinião (O) sobre o uso do *software*, para que o estudante emita sua opinião direta sobre o seu uso, disponibilizado no formato *online* através da plataforma Conexão Escola 2.0 (Google Classroom). Apresentado no

Apêndice B deste trabalho, o questionário “Opinião sobre o uso do laboratório Virtual PhET” possibilitou obter a opinião dos estudantes sobre o uso deste recurso didático, compondo mais um item dos indicadores do nosso estudo.

9 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática e o planejamento das aulas foram elaborados para atingir os seguintes objetivos de aprendizagem:

- Objetivo Geral

Compreender:

- a luz e seus fenômenos, ondas eletromagnéticas, as características e componentes de ondas, formas de propagação e aplicações;
- o espectro de frequência eletromagnético e as classificações de ondas segundo esse espectro;
- a propagação, reflexão e refração da luz e seus efeitos;
- a classificação das ondas quanto à sua natureza e dimensionalidade.

Interpretar:

- o conteúdo apresentado através do uso de software de simulação, observando alterações na frequência e comprimento de onda permitindo a visualização, e a exploração de fenômenos estudados.

Relacionar:

- conceitos, teorias, aplicações e Leis dos fenômenos óticos.

- Objetivos específicos

Entender:

- a luz como onda eletromagnética, seu princípio de propagação, sua origem e os fenômenos associados;
- o funcionamento do olho humano, a percepção de luz e cor, a decomposição da luz;
- as leis da reflexão e refração da luz, seus efeitos e aplicações, ciência e tecnologia aplicada a estes fenômenos.

Analisar:

- ângulos de incidência, reflexão e refração, o espectro de absorção da luz na água, o comportamento da luz em diferentes meios de propagação, a decomposição da luz policromática, cor e visão, câmara escura.

Aplicar:

- conceitos, teorias, e as Leis dos fenômenos óticos, em situações propostas em um estudo de caso, envolvendo ciência e tecnologia, conforme apresentado em sequência didática

A sequência inicia com a problematização sobre o estudante e personagem fictício Marcelo¹, sobre os fenômenos da luz e a sua aplicação na tecnologia. Aborda determinadas questões que são esclarecidas durante o desenvolvimento das atividades, sendo elucidadas ao final do ciclo programado, reforçando pontos principais com a apresentação de dois mapas conceituais. É proposta para 10 horas-aula, utilizando textos, conteúdos multimídia em videoaulas, questionários rápidos para assimilação do conteúdo após cada leitura e videoaula, complementação dos exercícios teóricos com roteiros para o desenvolvimento em laboratório virtual. As atividades propostas integram o uso dos aparelhos celulares pelos estudantes como um instrumento didático para a execução dos laboratórios, acesso aos vídeos e leitura dos arquivos de texto disponibilizados aos estudantes.

A proposta da metodologia ativa, desenvolvendo as aulas em grupos de 5 estudantes, e tendo o professor como mediador do conhecimento, pode ser adaptada para aulas individuais com socialização do conteúdo apresentado e do conhecimentos apropriado por cada estudante ao final de cada etapa. Desta forma, é possível avaliar o desenvolvimento dos estudantes e reforçar pontos chaves do conteúdo apresentado.

Para o desenvolvimentos das atividades, elaboramos o plano de aulas, considerando as dez horas-aula em cinco encontros, conforme o conteúdo programático listado:

1º Momento:

- Problematização inicial - O que é a luz;
- A relação entre ciência e tecnologia;

¹ Marcelo é um estudante que participa de jogos *online* com um time formado por seus amigos, tendo observado instabilidades e quedas na sua conexão com a internet, resultando em partidas não concluídas ou sem êxito.

- O conceito de Óptica Geométrica;
- Ondas Eletromagnéticas e suas características;
- O espectro de frequência eletromagnético;
- O espectro de frequências e a luz visível;
- A percepção Física da Luz pelo olho humano.

Utilizamos como recurso didático para as atividades propostas a vídeo aula “O que é a Luz”² do site Física Mais, textos no formato HTML e PDF, o simulador PhET³ - “Visão e Cor”, e o questionário rápido elaborado no Google Classroom para a facilitar a compreensão dos textos.

2º Momento:

- O princípio de propagação retilínea da luz;
- Fontes primárias e secundárias de luz;
- Fontes monocromáticas e policromáticas;
- A velocidade da luz no vácuo
- Meios de propagação;
- Sombra e penumbra;
- O Eclipse solar;
- A câmara escura.

Os recursos didáticos para as atividades desenvolvidas nesta unidade foram as vídeo aulas “Sombra e Penumbra”⁴ do site Física Mais, a vídeo aula “O Eclipse Solar”⁵ adaptada do original Eclipse solar do site Explore Astro (2018), textos no formato HTML e PDF, o simulador PhET⁶ - “Desvio da Luz”, e o questionário rápido elaborado no Google Classroom, também visando facilitar a compreensão dos textos apresentados.

² (FÍSICAMAIS, 2018b)

³ (WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2016b)

⁴ (FÍSICAMAIS, 2018c)

⁵ (EXPLOREASTRO, 2018)

⁶ (WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2016a)

3º Momento:

- O princípio da reflexão;
- O raio incidente, raio refletido e a reta normal;
- A relação entre os ângulos de incidência e reflexão;
- Reflexão especular e difusa;
- O princípio de Fermat.

Para estas atividades, os recursos didáticos propostos foram a vídeo aulas “As leis da reflexão e o princípio de Fermat”⁷ do site Física Mais, textos no formato HTML e PDF, o simulador PhET - Desvio da Luz, e o questionário rápido elaborado no Google Classroom.

4º Momento:

- A refração da Luz;
- A refringência dos meios de propagação;
- índices de refração;
- A Lei de Snell-Descartes;
- O ângulo limite;
- A refração total da luz.

Para esta unidade, utilizamos o recurso didático em vídeo aula “Aprendendo refração, reflexão e fibra óptica”⁸ do site Física com Douglas Gomes, textos no formato HTML e PDF, o simulador PhET - Desvio da Luz, e o questionário rápido elaborado no Google Classroom

⁷ (FÍSICAMAIS, 2018a)

⁸ (GOMES, 2018)

5º Momento:

- Visualizando fenômenos físicos;
- Ciência e tecnologia;
- A fibra óptica;
- Aplicações da fibra óptica na comunicação, saúde e indústria;
- Mapas conceituais dos fenômenos físicos aplicados à Óptica Geométrica;

Nesta unidade, por tratar-se do encerramento e conclusão das atividades propostas, utilizamos o recurso dos mapas conceituais, do vídeo “Visualizando fenômenos ópticos”⁹ que retrata todos os fenômenos estudados, apresentados de forma sucinta e condensada para que promovêssemos a socialização e os comentários dos estudantes. Entretanto, pelo motivo das aulas remotas e a baixa participação dos estudantes nas atividades propostas, considerando o final do semestre letivo para a turma do EJA, esta última etapa não foi concluída. O que consideramos ser uma grande perda para o desenvolvimento da proposta elaborada, pois teríamos a possibilidade de explicitar melhor a inter-relação ciência e tecnologia, assim como dirimir as dúvidas apresentadas pelos estudantes sobre o assunto.

O conteúdo completo das atividades propostas, as questões rápidas apresentadas aos estudantes através do Google Classroom, assim como os roteiros de laboratório e referências dos vídeos utilizados na sequência didática estão descritas em detalhes no endereço eletrônico <<http://lite.dex.ufla.br/moodle26/mod/data/view.php?d=56&rid=216>>, no caderno do Professor, que acompanha este trabalho.

⁹ (MAGODAFÍSICA, 2013)

10 A PANDEMIA E O IMPACTO NA PESQUISA

Segundo o site *Sanar Medicina* (2021), a cronologia da instauração da pandemia pelo coronavírus teve início em 8 de dezembro de 2019 em Wuhan, na China. As primeiras vítimas teriam sido frequentadores do mercado atacadista de animais do local. Um mês após a primeira detecção da enfermidade, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou o primeiro alerta sobre 44 casos de pneumonia com causa desconhecida, sendo admitido em 28 de janeiro pela OMS o alto risco de pandemia mundial.

No Brasil, o primeiro caso identificado ocorreu em 26 de fevereiro de 2020, quando alguns brasileiros sob suspeita de contração do vírus haviam sido monitorados, dentre eles, 34 brasileiros residentes em Wuhan que foram repatriados. Casos suspeitos nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Rio de Janeiro também fizeram parte deste monitoramento, sendo todos descartados após o período de isolamento. Foi incluído nesta etapa o alerta nos aeroportos para voos de imigrantes advindos dos países Japão, Singapura, Coreia do Sul, Coreia do Norte, Tailândia, Vietnã, Camboja e China. O primeiro caso detectado originou-se de um viajante retornando da Itália, uma pessoa do sexo masculino, de 61 anos de idade, segundo o site.

No Brasil, os casos começaram a crescer, sendo que, no início de março de 2020, oito casos foram confirmados. Com o crescimento dos casos em nível mundial, a OMS decretou em 11 de março de 2020 o surto da pandemia, momento em que já haviam três mil mortes no mundo em apenas um mês. Tal fato resultou na imposição de medidas restritivas mais severas em mais de 100 países, dentre as quais, o fechamento de escolas e universidades, resultando em mais de 1 bilhão e meio de estudantes sem aulas, segundo Sá (2020).

O fechamento das escolas públicas estaduais no Brasil ocorreu em abril de 2020, passando ao Ensino Tutorado em junho de 2020 no estado de Minas Gerais, onde os estudantes, através de material didático disponibilizado pelo governo estadual, desenvolviam suas atividades escolares através dos PET, ainda sem uma ferramenta de auxílio oficial definida para o suporte aos estudantes. Em muitos casos, estas atividades seriam desenvolvidas pelos estudantes de forma autônoma, sendo posteriormente impressos e entregues nas secretarias das escolas às quais estariam vinculados estes estudantes, ou por meios digitais como *email* ou aplicativo de mensagens WhatsApp e Telegram. Desta forma, ficando o ensino relegado à própria família para o apoio aos estudantes.

Na tentativa de minimizar a questão do apoio aos estudantes, foi lançado em maio de 2020, através da rede de televisão TV Minas, o programa *Se Liga na Educação*. Outros es-

forços isolados por parte dos professores também surgiram, como horário de aulas através das emissoras de radiodifusão, que atenderiam principalmente à população rural ou regiões onde seria impossível chegar aos estudantes através de programas televisivos, devido à diversidade regional do país e à precária infraestrutura de comunicação de dados e acesso à internet naquele momento.

A proposta do meu trabalho de pesquisa fundamentou-se no uso da tecnologia da informação como recurso didático para o ensino da Física no ensino médio, desenvolvendo aulas de laboratório virtuais em um ambiente presencial, para a complementação das aulas teóricas da disciplina, bem como fomentar as aulas práticas de laboratório como recurso didático, no sentido de facilitar e promover a compreensão do estudante frente ao conteúdo teórico apresentado. Contudo, nem sequer seria possível imaginar a possibilidade da ausência ou substituição do professor, presente em sala de aula. Desde as metodologias onde o professor atuante como expositor do conteúdo didático à metodologia do professor como mediador do conhecimento, a atuação deste profissional torna-se claramente visível e explícita no período da pandemia, onde sua ausência é notória e fatídica frente à perda da qualidade do ensino. Com a ausência do professor em sala de aula, o ensino torna-se deficitário em termos de sustentação do processo de ensino, assim como a coerência, continuidade do processo e também a solidez e consolidação do conhecimento por parte dos estudantes. Desta forma, compreendemos ser a tecnologia nada mais que um recurso didático aliado ao ensino, sendo inconcebível e insubstituível a presença do professor no processo de ensino e aprendizagem. O professor, através de sua avaliação diagnóstica em tempo real, tem a capacidade de detectar lacunas e fragilidades do conhecimento dos aprendizes, adequando o conteúdo planejado à metodologia de maior eficiência, reforçando pontos focais necessários à construção do conhecimento, de acordo com o conhecimento prévio dos estudantes. O uso de instrumentos e signos aliados à avaliação diagnóstica contínua, através da comunicação informal comportamental, sejam elas o olhar, a expressão facial ou até mesmo as perguntas e questionamentos apresentados pelos estudantes, norteiam o direcionamento e a conduta das aulas, assim como a abordagem e preparação para a apresentação dos temas a serem estudados em sala de aula.

Habilidades como o pensamento crítico, a comunicação, o desenvolvimento social e a autonomia são necessárias aos estudantes do ensino médio e não são passíveis de serem desenvolvidas fora da convivência em sociedade. Desta forma, o ensino remoto retira destes jovens a possibilidade de desenvolvimento destas e outras habilidades, tão necessárias ao comporta-

mento humano. E, nestas condições de ensino, a apropriação do conhecimento torna-se deficiente e descontínua, provocada pelo formato do ensino adotado durante o período da pandemia.

No projeto originalmente elaborado para o produto educacional através do ensino híbrido, o acesso ao material didático e laboratório virtual desenvolvido seria realizado através de uma rede local *intranet* sem fio (*WiFi*), sem custo para os estudantes em sala de aula, utilizando os aparelhos celulares dos próprios estudantes ao servidor local. Com instauração da pandemia no ano de 2020 e a consequente suspensão das aulas, por não haver uma plataforma de ensino remoto definida para a elaboração e o desenvolvimento das aulas no governo do Estado de Minas Gerais, as escolas públicas do ensino médio recorreram a aplicativos de mídia social, sendo a maioria das aulas desenvolvidas com o uso do *WhatsApp* para o suporte aos estudantes por parte dos professores. A escolha naturalmente se fez devido ao uso habitual deste recurso para o compartilhamento de mensagens, textos e mídias através deste aplicativo, já de uso comum entre os jovens. Plataformas de mídia social também foram candidatas ao uso, tais como o *Facebook* e o *Telegram*, mas, pelo fator popularidade, boa parte das escolas adotou o aplicativo *WhatsApp* como recurso didático, apesar de não ser esta a finalidade do aplicativo, o que não contribuiu muito para o processo de ensino, por ser um meio de comunicação no formato assíncrono. Outro fator decisivo para o uso do aplicativo consiste na gratuidade oferecida pelos planos de internet das operadoras de telecomunicações para o tráfego gerado através deste aplicativo, o que favoreceu a população de baixa renda quanto ao seu uso, inclusive para receber e postar material didático entre estudantes e escolas. Entretanto, os estudantes não participavam de aulas em vídeo, em tempo real, o que provavelmente contribuiu para o afastamento de vários estudantes, favorecendo a evasão escolar neste período. Coube à equipe de direção, secretaria e professores em várias unidades escolares o processo da busca ativa para promoverem o regresso dos estudantes ao ambiente escolar, com a finalidade de conclusão do semestre ou ano letivos.

Em 2021, ainda com a permanência do isolamento social e do retorno das aulas no formato de atividades não presenciais, a Secretaria da Educação de Minas Gerais, em parceria com a Google, implantou uma plataforma específica para o ensino remoto denominado Conexão Escola 2.0, com o propósito de centralizar e promover o suporte das atividades escolares aos estudantes e professores, com recursos para salas virtuais e a elaboração de aulas em vídeo, além de possibilitar a disponibilização de material didático aos estudantes sendo a plataforma centralizadora das atividades letivas.

Entretanto, problemas técnicos iniciais de implantação, atraso na disponibilização de correios eletrônicos institucionais a todos os estudantes da rede, processo de enturmação dos estudantes em salas virtuais, falta de conhecimento em tecnologia por parte dos estudantes e da maioria dos professores, tempo de adaptação à plataforma e conhecimento dos recursos disponibilizados, resultaram em fatores agravantes ao pleno uso da plataforma, fazendo com que muitas escolas e estudantes ainda persistam na alternativa dos aplicativos de mídia social para o contato com estudantes e o desenvolvimento das atividades educacionais.

Diante deste período de incertezas e aprendizado da plataforma oficial disponibilizada às escolas, houve a necessidade de readequação do nosso material, desenvolvido no AVA Moodle, para a nova plataforma Google Classroom. No Google Classroom, itens importantes de avaliação do nosso estudo, como os arquivos de *Log's* de acesso à plataforma e aos conteúdos não estariam disponíveis. Devido a isso, parte da nossa avaliação inicialmente proposta tornou-se inviabilizada.

A plataforma AVA Moodle como suporte às aulas e tarefas a serem desenvolvidas junto ao estudante registra em banco de dados todas as ações de interatividade em sua navegação, respostas aos questionários, acesso aos arquivos de texto e multimídia nesta inseridos. Assim, permitiria extrair arquivos de registros, chamados de *Log's*, que podem ser exportados posteriormente da plataforma para processamento em ambiente externo. Ferramentas de processamento e análise de dados, tais como o *Tableau*, podem ser utilizadas no processamento e investigação destes registros. A intenção é buscar respostas para questões, tais como: quem acessou, quando, quais arquivos, por quanto tempo, qual a pontuação atingida nos questionários, dentre outras que se façam necessárias à obtenção dos indícios desejados.

Estes dados e o fórum de discussões (também disponibilizado na plataforma), são itens de análise que estariam disponíveis para suporte ao atual estudo, assim como o material descrito na seção 8.1.1 deste trabalho.

11 ANÁLISE DOS DADOS

Avaliando os instrumentos de coleta de dados, descritos no Tópico 8.1.1, passamos à análise dos dados produzidos pelos estudantes durante as atividades propostas, conforme descrito no Tópico 8.1.2. Iniciamos pelo questionário motivacional, em um formato global de análise, com a intenção de delinear o perfil comportamental e de atitudes dos doze (12) estudantes respondentes, e identificar os estudantes com atitudes desfavoráveis ao estudo da Física, indícios de motivação extrínseca, ou até mesmo a ausência de motivação, através do nível de pontuação expresso nas respostas deste instrumento de avaliação. A partir desta análise e seleção de estudantes, procederemos à análise das respostas específicas dos estudantes identificados para os demais itens.

11.1 Questionário Motivacional (M)

Para a totalidade dos estudantes respondentes, processamos as respostas avaliando a atitude dos estudantes em relação ao estudo da Física para cada um dos itens deste instrumento, composto por vinte e oito (28) questões. Características comportamentais, opiniões de aptidões ao estudo e específicas para com a disciplina Física, foram apresentadas pelos estudantes. O perfil detalhado da instituição de ensino, assim como o perfil dos estudantes participantes do estudo, encontra-se referenciado no capítulo 8.

11.1.1 Motivação inicial dos estudantes

O questionário motivacional foi apresentado para duas turmas do terceiro ano do ensino médio EJA, em uma escola estadual na cidade de Belo Horizonte MG, que chamaremos de turmas A e B, respectivamente. Na turma A, encontravam-se oficialmente matriculados 40 estudantes, sendo 23 do sexo masculino e 17 do sexo feminino. Na turma B, 41 estudantes matriculados, sendo 19 estudantes do sexo masculino e 22 do sexo feminino. Contudo, a participação efetiva dos estudantes nas atividades letivas em ambas as turmas foi baixa, com apenas 8 estudantes participando na turma A e 7 estudantes na turma B, totalizando 15 estudantes.

Para o questionário motivacional, considerando os 15 estudantes frequentes, apenas 12 estudantes responderam e entregaram a etapa inicial. Dentre estes 12 estudantes, avaliando segundo os critérios anteriormente mencionados no Tópico 8.1.2, identificamos 5 estudantes com indícios de desmotivação, que obtiveram score na faixa negativa da escala de avaliação.

Também, neste questionário, inserimos espaços reservados para comentários e justificativas. Do grupo dos 5 estudantes selecionados, dois estudantes, RN e ZL, comentaram:

- RN: "A Física é uma das aulas mais legais"
- ZL: "Acho Física muito importante, mas me sinto desconfortável por não dominar essa matéria".

Para os estudantes com score na faixa positiva de avaliação, o estudante RB alertou para o caráter intrínseco entre a Matemática e a Física, o qual poderá ser uma limitação ao bom desempenho na disciplina:

- RB: "Eu gostaria de ter me esforçado mais nas aulas de física no passado, porém cálculos sempre foi meu fraco.",

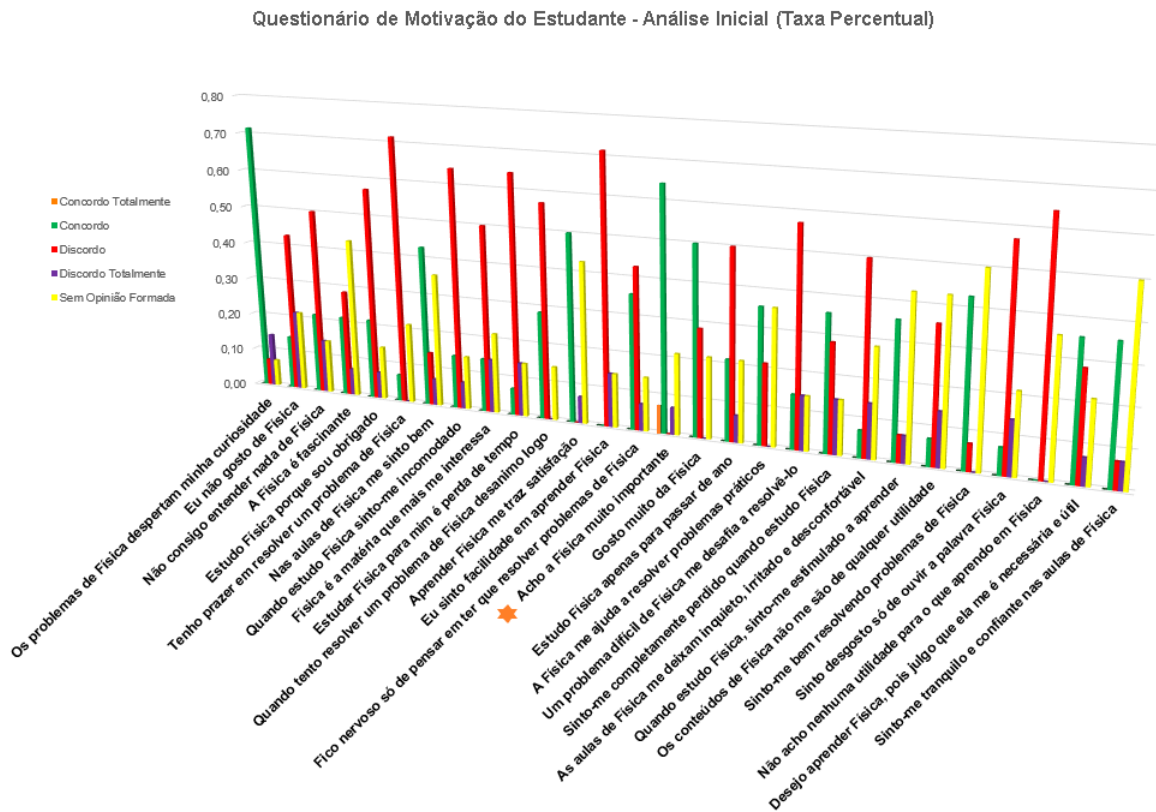
fato que já sinaliza um dos indícios da dificuldade na aprendizagem da Física e a aplicabilidade dos conhecimentos, pois, tendo a disciplina seus fundamentos na matemática aplicada, não havendo um conhecimento mínimo razoável em aritmética, álgebra e trigonometria, a Física poderá tornar-se um grande desafio ao estudante. E, neste sentido, buscaremos avaliar em que aspectos os softwares de simulação poderão auxiliar.

Na análise inicial do questionário motivacional, no formato gráfico apresentando as respostas dos 28 itens, já é possível observar alguns indícios sobre o comportamento do estudante com relação ao estudo da física, conforme apresentado na Figura 11.1.

Para analisarmos o gráfico, faremos uso da legenda indicativa situada na área lateral esquerda da ilustração. Conforme a legenda, temos a cor laranja para Concordo Totalmente (CT), verde claro para Concordo (C), vermelho para Discordo (D), roxo para Discordo Totalmente (DT) e a cor amarela para Sem Opinião (SO). Assim sendo, cada item de resposta corresponde a 5 barras coloridas no gráfico iniciando sempre pela cor laranja (CT), quando houver respostas com esta opção, sucedida pelo verde claro (C) e as cores subsequentes representando cada nível de resposta. Vale ressaltar que a resposta (CT) raramente é selecionada pelos estudantes, aparecendo no gráfico com índice para contabilização apenas na resposta do item 15 - "Acho a Física muito importante", destacada com uma estrela laranja na Figura 11.1.

De imediato, avaliando as respostas dos itens iniciais deste instrumentos de coleta de dados, temos um forte indício sobre a predisposição do estudante para o estudo da Física. A primeira questão, "Os problemas de Física despertam a minha curiosidade", com 70% de con-

Figura 11.1 – Análise Questionário Motivacional



Fonte: O autor

cordância entre os estudantes respondentes contra 25% daqueles que discordam, já nos apresenta um bom prognóstico. E na segunda questão, “Eu não gosto de Física”, 43% dos estudantes discordam, o que confirma a questão anterior, sendo que 22% discordam fortemente, o que indica ser a Física uma disciplina interessante para os estudantes (65% de negação do total de estudantes respondentes nesta questão).

Na terceira questão, “Não consigo entender nada de Física”, 50% discordam e 15% discordam fortemente. Mas para a quarta questão, “A Física é fascinante”, onde 43% dos estudantes responderam o item sem opinião formada. Podemos interpretar, a princípio, como uma falta de compreensão do estudante para com a disciplina e o seu conteúdo acerca do mundo que nos cerca, ou talvez, até mesmo, uma falta de compreensão do vínculo entre o conhecimento teórico e a aplicabilidade prática, segundo a percepção do estudante. Ou seja, o estudante provavelmente não vislumbra a aplicabilidade do conhecimento teórico apresentado na disciplina, associado à visão prática em seu ambiente de convívio. O conhecimento científico apresenta-se através da notação científica, utilizando a matemática, as unidades métricas e as relações entre estas unidades, tais como temperatura, densidades, índices pluviométricos, pressão dentre ou-

tros, assim como as leis que regem o nosso universo. E o estudante pode, em princípio, não perceber esta correlação, no seu cotidiano, com as informações que tem contato rotineiramente. E caso não consiga estabelecer as relações de significado entre o conteúdo teórico e fenômenos físicos estudados, e o universo que o rodeia, isto pode trazer frustração ou desinteresse pela disciplina.

Para a quinta questão, “Estudo Física porque sou obrigado”, temos 56% de negação, fato este que reafirma as respostas das questões anteriores.

Já para a sexta questão, “Tenho prazer em resolver um problema de Física”, onde temos 72% dos estudantes com a opção “Discordo”, observa-se novamente a questão da compreensão de seus conteúdos teóricos, talvez da aplicabilidade dos conhecimentos, e também a questão dos fundamentos da Matemática, conforme já revelada por alguns dos estudantes, e citado acima pelo estudante “RB”. Podemos perceber, em alguns aspectos das respostas, a insegurança do estudante frente à questão dos fundamentos da disciplina e do domínio da matemática e do português. A interpretação de texto nas questões e enunciados é parte integrante da solução do problema, assim como o domínio da álgebra, polinômios e a trigonometria, dentre outros instrumentos utilizados da matemática. Esta situação é a mesma expressada na questão dezenove (19), “Um problema difícil de Física me desafia a resolvê-lo”, com 57% de discordância e 15% de concordância por parte dos estudantes. Ou seja, estes itens evidenciam que os estudantes, em sua maioria, não estudam por obrigação e possuem vontade própria para o estudo da Física, conforme afirmado no item seis. Mas sentem as dificuldades frente a uma preparação prévia com uma boa base de conhecimento para um bom desempenho na disciplina.

O item sete (7), “Nas aulas de Física me sinto bem”, com 45% de concordância e 36% de opinião ainda não formada, assim como o item oito, “Quando estudo Física me sinto incomodado”, com 65% de negação, reforçam a expectativa e o desejo no aprendizado da disciplina, mesmo com os percalços identificados na análise dos itens anteriores. Neste ponto, é possível vislumbrar, com referência nos itens de (1) a (3) e de (5) a (8), que os estudantes, em sua maioria, e de forma generalizada nas duas turmas avaliadas, apresentam a característica da motivação intrínseca, sendo esta a motivação desejável para o aprendizado, e o que poderá promover a apropriação do conhecimento, onde consideramos ser positiva a avaliação inicial do questionário. Avaliando este questionário inicial, é possível observar haver indícios evidenciados onde os estudantes demonstram a vontade e o desejo interior e também o gosto pelo estudo da Física, conforme os dados apresentados nos itens de respostas da pesquisa.

Para o item nove (9), “A Física é a matéria que mais me interessa”, é perceptível que nem todos os estudantes terão a continuidade acadêmica na área de Ciências Exatas, pois 50% discordam da afirmação. Entretanto, os 20% que selecionaram a opção de resposta “sem opinião formada” e os 15% que concordam com a afirmação, revelam uma possível aptidão para esta área acadêmica. Mas mesmo não sendo a Física a disciplina de maior interesse no ensino médio expressada neste item, 63% dos estudantes discordam ser o estudo da Física uma perda de tempo, conforme podemos observar na análise do item dez (10), nem tampouco desanimam de imediato ao tentar resolver os problemas de Física, conforme relatado no item onze (11).

Características de motivação intrínseca novamente são observadas nas respostas do item doze (12), “Aprender Física me traz satisfação”, com 50% de concordância, apesar de o item treze (13), “Eu sinto facilidade em aprender física”, indicar 70% de negação e o item quatorze (14) “Fico nervoso só de pensar em ter que resolver problemas de Física” registrar 43% de negação contra 36% de concordância com a afirmação. Uma pequena diferença numérica entre as opiniões relativas a este item.

A maioria dos estudantes da pesquisa aprova com 65% de concordância a afirmativa do item quinze (15), “Acho a Física muito importante”. Para o item dezesseis (16), 50% afirmam que gostam muito da Física, contra 28% que discordam e 21% sem opinião formada. E estas questões se justificam com a resposta do item dezessete (17), “Estudo física apenas para passar de ano”, onde 50% discordam da afirmação, e às vezes reconhecem que a Física pode ajudar a resolver problemas práticos, conforme a questão do item dezoito (18), onde temos 35% de concordância contra 35% sem opinião formada. Neste item, temos os indícios da ausência da associação, por parte dos estudantes, entre o conhecimento teórico e sua aplicabilidade. Provavelmente, a baixa carga horária atualmente destinada à disciplina, que por muitas vezes inviabiliza a realização de aulas práticas ou um maior aprofundamento em questões elucidativas sobre o tema estudado, contribui para esta dissociação do conhecimento teórico com a sua aplicação prática ou a sua contribuição no desenvolvimento tecnológico. Neste sentido, até mesmo um modelo imaginário em uma representação gráfica apresentada pelo professor através de software gerador de imagens ou um vídeo poderão fazer a diferença sobre a elucidação do tema em estudo.

Os quatro itens subsequentes do questionário motivacional nos indicam a reação do estudante frente às dificuldades da disciplina. Mas também a sua resiliência, pois, mesmo com as dificuldades de apropriação do conhecimento em um primeiro instante, talvez por motivos dos

fundamentos da Matemática, conforme citado anteriormente, que são barreiras para a aprendizagem da disciplina, os estudantes, ainda assim, expressam a vontade pelo conhecimento. Estas questões estão relacionadas no itens dezenove (19), vinte (20), vinte e um (21) e vinte e dois (22), sendo respectivamente: “um problema difícil de Física me desafia a resolvê-lo”, com 57% de discordância, “Sinto-me completamente perdido quando estudo Física”, com 36% de concordância e 29% de discordância, “As aulas de Física me deixam inquieto, irritado e desconfortável”, com 50% de rejeição e 29% de opinião não formada e “Quando estudo Física, sinto-me estimulado a aprender”, com 36% de concordância e 43% de “opinião não formada”, o que pode indicar uma busca de identificação do estudante com a disciplina ou, ainda, a já mencionada busca da aplicabilidade do conhecimento em estudo, para um melhor entendimento e uma maior identificação para com a disciplina.

E para os próximos quatro itens de análise, esta busca torna-se mais clara. Nos itens de vinte e três (23) a vinte e seis (26), temos, respectivamente, as respostas: “Os conteúdos estudados em Física não me são de qualquer utilidade”, com 43% de “opinião não formada” e 36% de discordância, “Sinto-me bem resolvendo problemas de Física”, com 50% de concordância contra 50% de “opinião não formada”, “Sinto desgosto só de ouvir a palavra Física”, com 57% de discordância, e “Não acho nenhuma utilidade para o que aprendo em Física”, com 64% de discordância. Fatos que expressam que o estudante sente-se bem quando consegue resolver os problemas propostos, na tentativa de identificar-se com os conteúdos apresentados e talvez até na busca pela aplicabilidade do conhecimento em estudo na disciplina.

Finalizando, o penúltimo item do questionário, questão vinte e sete (27), “Desejo aprender Física, pois julgo que ela me é necessária e útil”, com 36% de concordância, 29% de discordância e 21% de indecisos, temos aproximadamente um quinto dos estudantes indecisos, talvez pelas questões já citadas anteriormente, também pela própria questão da dicotomia do ensino médio, onde o estudante ainda não tem a decisão pela continuidade acadêmica ou pela vida profissional, o que deverá ser alvo de estudos posteriores. Que também reflete no último item, o vinte e oito (28), “Sinto-me tranquilo e confiante nas aulas de Física”, com 36% de concordância e 50% de indecisão por parte dos estudantes pesquisados.

Através da análise global dos estudantes, observamos que, em sua maioria, há indícios de motivação intrínseca para o estudo da Física. Através deste mesmo instrumento de coleta de dados, faremos então a análise dos estudantes com indícios de desmotivação, sendo estes o foco do nosso estudo.

11.1.2 Estudantes com indícios de desmotivação

Para os estudantes com status desmotivado, DL, JN, RN, ST e ZL, existem algumas divergência de opiniões com relação ao consenso da maioria dos estudantes. Também existem algumas divergências entre eles próprios, cada um com sua vivência e realidade. Para a análise destes estudantes, subdividimos a análise em 2 categorias. Uma delas segundo a visão da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para as questões que consideramos serem de entendimento sobre os propósitos do estudo da disciplina e também sobre a aplicabilidade do conhecimento adquirido para os estudantes egressos do ensino médio. A outra categoria será a de caráter motivacional.

Segundo Brasil (2018), referente a BNCC, documento de caráter normativo que define os parâmetros curriculares e as aprendizagens essenciais das modalidades de Educação Básica, em sua seção da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. E a aplicação de modelos explicativos, para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos, são fundamentais ao fazer científico. Para a etapa do ensino médio, o desenvolvimento do pensamento científico engloba aprendizagens específicas, visando sua aplicação em contextos diversos. Sob esta avaliação, considerando as respostas dos estudantes DL, JN, RN, ST e ZL, observamos inicialmente que provavelmente não estejam esclarecidos sobre a proposta do estudo da disciplina, haja visto que suas respostas divergem significativamente para a maioria dos estudantes respondentes à pesquisa. Isso fica mais evidente nas questões “Estudo Física porque sou obrigado”, “Estudo Física apenas para passar de ano”, onde a maioria concorda com as afirmações, e “A Física me ajuda a resolver problemas práticos”, onde a maioria discorda. Observando inicialmente estes três pontos de análise, identificamos nas outras questões características que motivacionalmente tornam-se aparente, que buscaremos avaliar nos outros instrumentos de análise. Mas subentende-se que o não entendimento dos objetivos a serem alcançados, assim como o esclarecimento sobre a razão do estudo da disciplina, conforme citamos anteriormente sobre o questionamento dos estudantes em sala de aula, o “Por quê estamos estudando isso?”, aliado à ausência de abordagens práticas e a associação a fatos do cotidiano dos estudantes, possam ser alguns dos fatores que influenciam na questão motivacional destes estudantes para com o estudo da disciplina.

11.2 Questionário Teórico (T)

Para o questionário teórico, que inclui a situação-problema, buscamos avaliar o conhecimento teórico prévio sobre a Óptica Geométrica, associando o seu uso ao contexto social dos estudantes e à tecnologia, conforme os preceitos da BNCC para a etapa do ensino médio. A problematização inicial tem a intenção de despertar a curiosidade do estudante para buscar as respostas na resolução das atividades propostas na sequência didática. Em nossa análise, boa parte dos estudantes referiram-se corretamente aos conceitos e fundamentos da óptica geométrica, como a velocidade da luz no vácuo, a redução de velocidade ao mudar de meio de propagação, os fenômenos da reflexão e refração. Algumas das respostas apresentadas, como a resposta do estudante ST em relação à percepção do olho humano ao identificar cores, foram esclarecidas aos estudantes, pois haviam certos equívocos com relação a este tema: **“Por que, ao olharmos para os objetos iluminados, enxergamos cada um de uma cor, ou cores diferentes?”**

ST: Porque cada objeto tem uma onda eletromagnética, sendo assim cada um terá uma cor. Além da cor do objeto absorver as demais cores a qual a luz do branca se transforma.

o que gerou um conceito equivocado sobre a reflexão da luz, a luz monocromática como uma onda eletromagnética de frequência específica sendo refletida, a percepção do olho humano para esta frequência refletida, e a decodificação e tradução do cérebro para a cor visualizada.

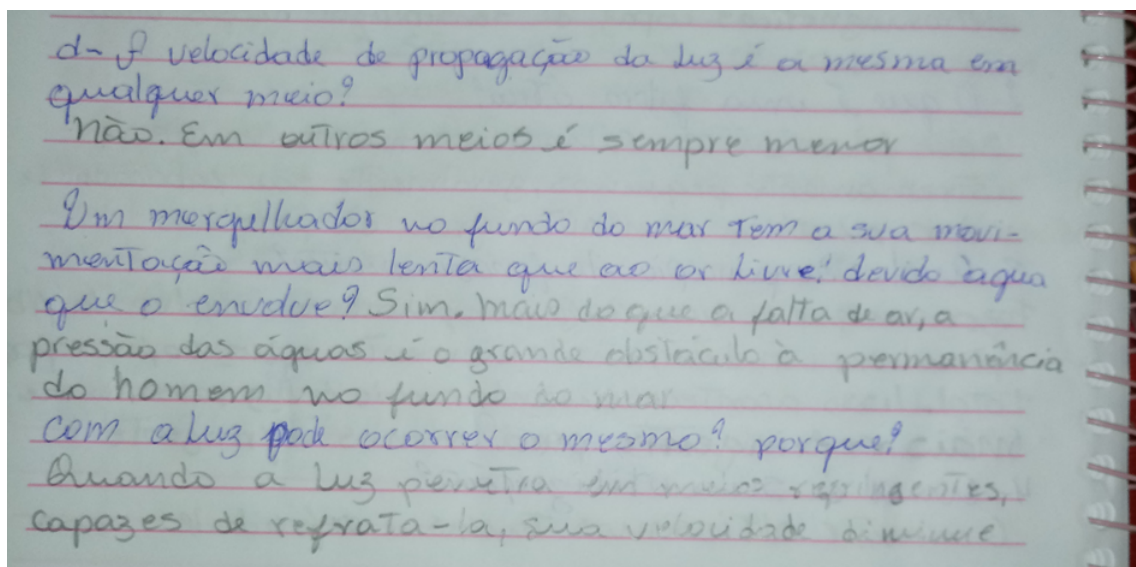
Para questões de associação do conhecimento prévio, o mesmo estudante ST teve uma boa argumentação a uma das questões: **“A velocidade de propagação da luz é a mesma em qualquer meio? Um mergulhador no fundo do mar tem a sua movimentação mais lenta que ao ar livre devido água que o envolve. Com a luz pode ocorrer o mesmo? Porquê?”**

ST: Não, as partículas de ar pode interferir na velocidade. Sim, assim como no ar, a água do mar, o sal e outros fatores vão interferir na velocidade. Já no vácuo não há nada de venha atrapalhar. Então no vácuo ela continua sendo mais rápida.

Para a estudante ZL (FIGURA 11.2), a resposta foi subdividida nas três partes da pergunta. O que a levou a não relacionar a alteração da velocidade de propagação da luz em meios diferentes, mas associando a velocidade de movimentos mecânicos com a velocidade de uma onda eletromagnética. Entretanto, a estudante JN (FIGURA 11.3) sintetizou a resposta, não detalhando fisicamente a questão apresentada. Possivelmente o estilo da questão proposta, sugerindo uma correlação entre os fenômenos físicos, na tentativa de facilitar o entendimento, ao mesmo tempo

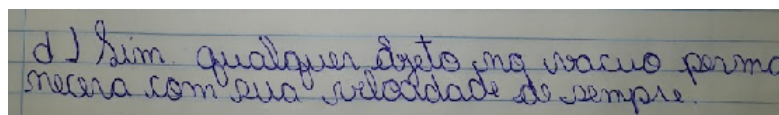
em que buscamos uma associação de ideias, possa ter gerado a dificuldade no entendimento da questão, considerando que os estudantes encontravam-se em isolamento social, em período de estudos autônomos.

Figura 11.2 – Resposta Estudante ZL Questionário Teórico



Fonte: O autor

Figura 11.3 – Resposta Estudante JN Questionário Teórico

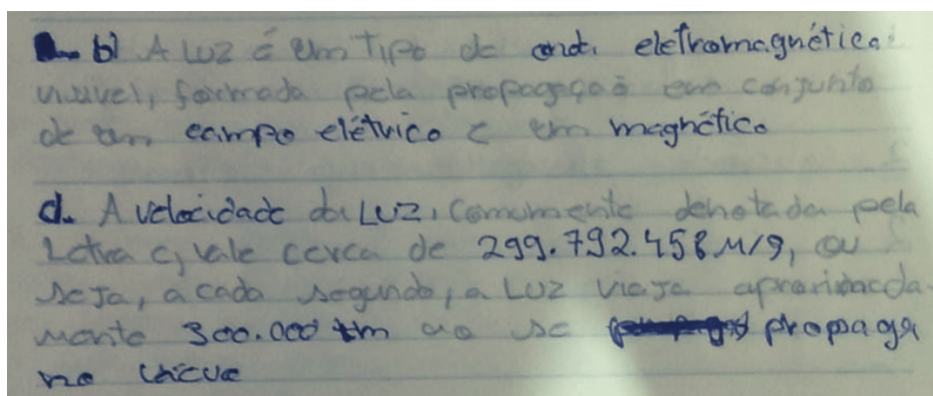


Fonte: O autor

Também identificamos pesquisas na internet, mas com a extração de parte dos textos para responder às questões propostas, como é o caso do estudante RN para duas perguntas do questionário teórico, conforme a Figura 11.4. Apesar de não ser esta a proposta das questões apresentadas pelo professor, pois buscávamos os indícios de subsunçores e o conhecimento prévio dos estudantes, houve a busca na internet pela resposta, mas sem que houvesse, durante a leitura do texto apresentado no site selecionado pelo estudante, a síntese, o entendimento, e a reflexão, para posteriormente redigir as respostas para as questões sobre o que é a luz, e a sua velocidade no vácuo. Fato este que também diverge das propostas da BNCC para o estudante do ensino médio.

Para a aplicabilidade do conhecimento teórico que propusemos buscar no questionário apresentado aos estudantes, não identificamos, neste levantamento inicial, relatos de conhecimentos neste sentido. Acreditamos que este fator deve-se ao formato do desenvolvimento das

Figura 11.4 – Resposta Estudante RN Questionário Teórico



Fonte: O autor

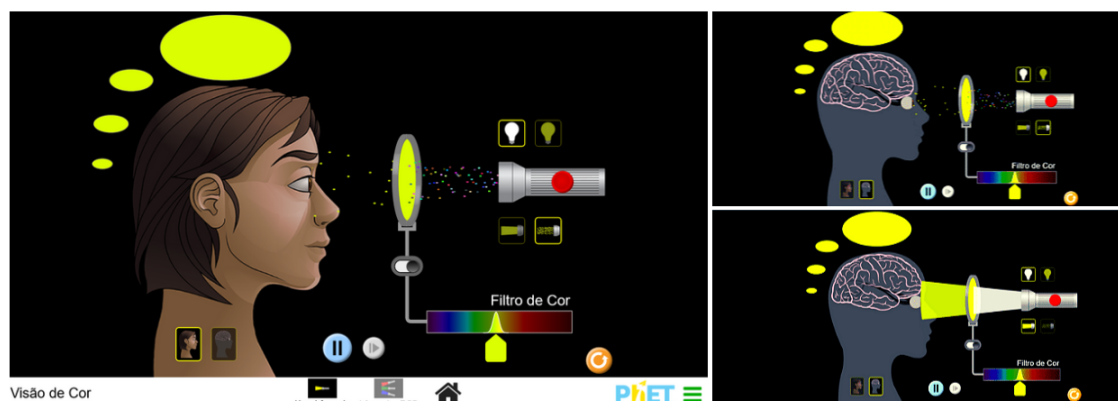
aulas, provavelmente com poucas elucidações dos temas fora do conteúdo programático, resultado da baixa carga horária destinada à disciplina, que geralmente é de 2 horas-aula semanais para o ensino médio nas escolas públicas, fazendo com que os conteúdos sejam trabalhados em tempo recorde por professores e estudantes.

11.3 Argumentação nos roteiros de laboratório (A)

Para as atividades subsequentes, faremos a avaliação conjunta das argumentações dos estudantes nas atividades de laboratório e nas etapas pertencentes a este indicador de avaliação.

No primeiro momento, a atividade Luz e Cores foi desenvolvida e os estudantes tiveram acesso ao material do conteúdo da sequência didática, composto pelo vídeo instrucional, os textos no formato HTML e PDF, o questionário rápido e aplicativo PhET “Visão de Cor” para o laboratório virtual. O aplicativo PhET para este tema apresenta um cenário onde o personagem demonstra, através da indicação do seu pensamento por meio de um balão, a cor que chega aos seus olhos, e que é observada. A escolha da cor é feita utilizando-se de uma fonte de luz monocromática ou policromática e filtros selecionados pelo estudante no painel de interações. O estudante pode alterar e experimentar, neste cenário, o que o personagem irá ver, conforme a seleção de luz, cores e filtros. É possível alterar o feixe de luz para propagar-se como ondas ou como partículas, conforme apresentado na Figura 11.5. A exploração de temas como a faixa de frequências da luz visível, a percepção do olho humano, o processamento no cérebro humano das informações captadas pelos olhos e a visão também são possíveis, através da simulação e exploração do aplicativo utilizado, dentre outras abordagens.

Figura 11.5 – Cenário PhET - Atividade Cor e Visão



Fonte: O autor

Para o questionário proposto, destacamos as repostas da estudante ZL sobre os itens a dualidade da luz e o uso de filtros sobre a luz branca (FIGURA 11.6), também sobre as cores primárias e a formação da percepção da diversidade de cores pelo cérebro humano (FIGURA 11.7).

Figura 11.6 – Estudante ZL - Resposta Cor e Visão

4- Como ondas, ela muda de cor
Em partículas, a luz entra de várias cores
e sai da cor do filtro escolhida.

Fonte: O autor

Figura 11.7 – Estudante ZL - Resposta Luz

6- A conclusão é que a partir de duas ou
mais cores formamos outras.

Fonte: O autor

Uma outra questão apresentada aos estudantes no roteiro de laboratório, **“Como você pode fazer o garoto não enxergar nenhuma cor (somente preto) mesmo quando a lanterna está acesa?”**, onde apresentamos a resposta do estudante ST:

ST: Mistando as cores e os filtros. Exemplo: lâmpada na cor amarela, e o filtro vermelho.

o que também foi percebido pela estudante ZL (FIGURA 11.8), e nos mostra os indícios de interação dos estudantes com o software, a experimentação e a conclusão da observação sobre o experimento.

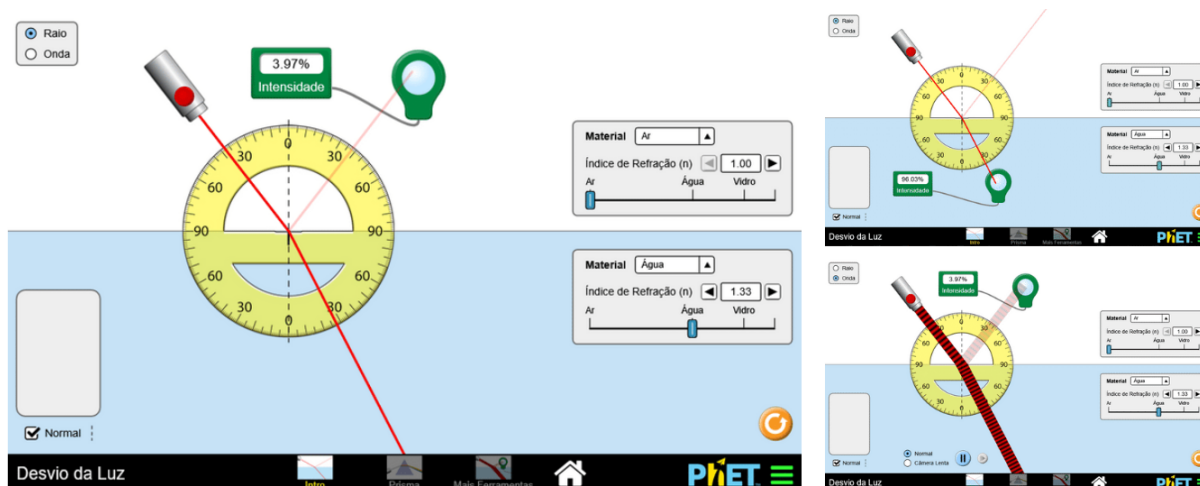
Figura 11.8 – Estudante ZL

2- Colocando o filtro com um Tom diferente da luz.

Fonte: O autor

Em um segundo momento, desenvolvemos atividades sobre a reflexão da luz. Apresentamos aos estudantes o aplicativo PhET “Desvio da Luz” (FIGURA 11.9). Os estudantes, utilizando uma caneta laser, um transferidor e um medidor de intensidade luminosa, realizaram experimentos sobre a reflexão e refração da luz, mensurando os ângulos de incidência, reflexão e refração, assim como identificaram o percentual de luz dividida em cada um dos fenômenos, conforme o ângulo de incidência do raio luminoso. Neste cenário, também é possível escolher os meios onde realizar experimento, ou, ainda, selecionar a refringência do meio. Na medição das intensidades luminosas durante o experimentos, o resultado sempre é expresso em termos percentuais ao valor de “c”, o que sempre leva o estudante a referir-se ao valor da velocidade da luz no vácuo.

Figura 11.9 – Cenário PhET - Desvio da Luz

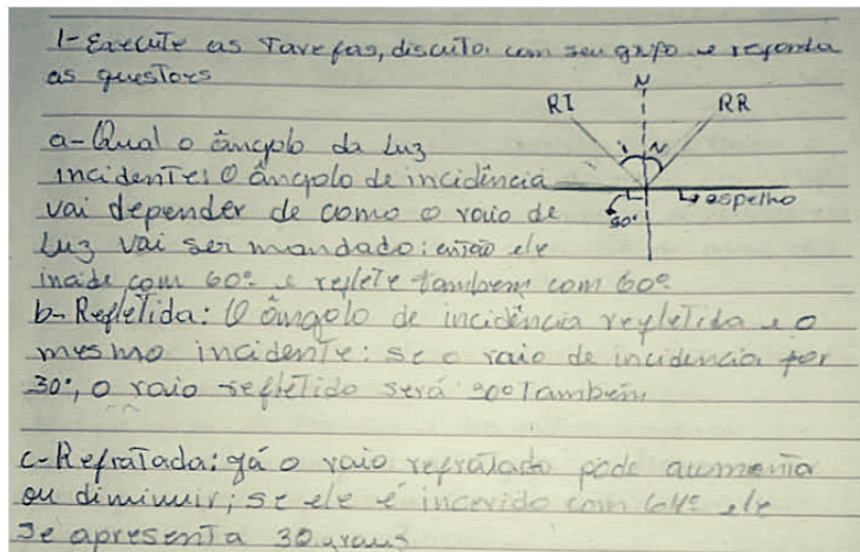


Fonte: O autor

Para esta atividade, estudantes como ZL redigiram as respostas no caderno, sintetizando o resultado dos experimentos, conforme apresentado na Figura 11.10.

Outros estudantes, como ST, apresentaram as respostas no próprio roteiro de laboratório, relacionando os ângulos de incidência, reflexão e refração, com os respectivos percentuais de intensidade luminosa em cada simulação, durante a realização do experimento (FIGURA 11.11), sendo que ambos concluíram sobre a equivalência dos ângulos de incidência e reflexão com

Figura 11.10 – Resposta ZL - Laboratório Reflexão da Luz



Fonte: O autor

Figura 11.11 – Respostas ST - Laboratório Reflexão da Luz

a) Qual o ângulo da luz

Incidente? R: 5°

Refletida? R: 5°

Refratada? R: 3°

b) Qual o percentual de luz

Refletida? R: 2.05%

Refratada? R: 97.95%

TABELA DE MEDIÇÕES				
RAIO	Ângulo			
	15°	30°	45°	60°
Incidente	15°	30°	45°	60°
Refletido	15°	30°	45°	60°
Refratado	10°	21°	31°	40°
% Refletido	2.24%	3.04%	5.20%	11.75%
% Refratado	97.76%	96.96%	94.80%	88.25%

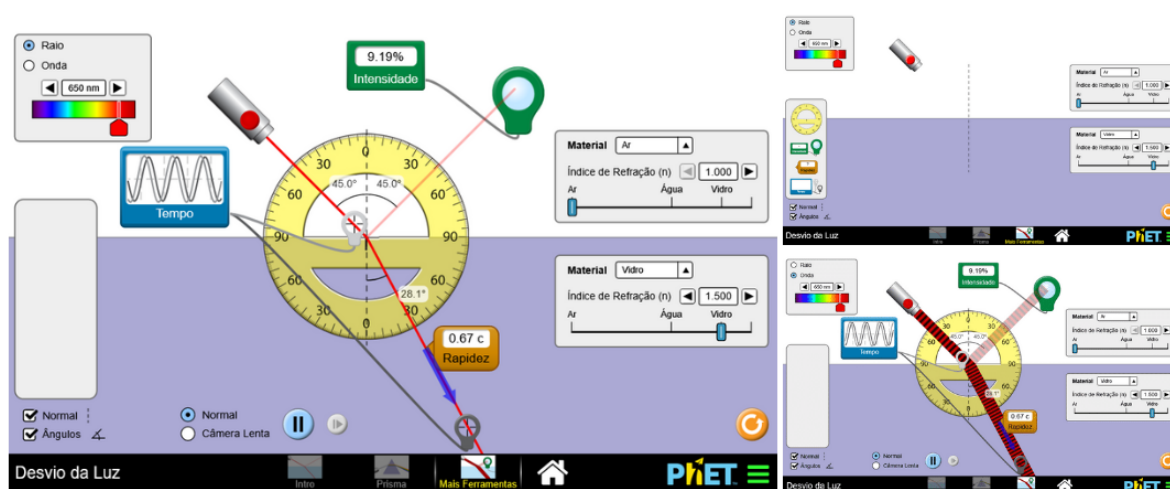
Fonte: O autor

relação à reta normal, e a variabilidade do ângulo de refração conforme o ângulo de incidência, afastando-se ou aproximando-se da reta normal. Mas não houve, por parte dos estudantes, a correlação entre os índices percentuais de intensidade luminosa dentre os diversos ângulos de incidência do raio luminoso.

Para o laboratório de refração da luz, utilizamos o mesmo aplicativo do laboratório de reflexão, mas selecionando no aplicativo PhET a aba “*Mais ferramentas*”, que amplia o painel de instrumentos disponibilizados, apresentando neste painel mais dois instrumentos de medição, como o medidor de rapidez da luz, que permite medir a velocidade da luz, relacionando-a ao valor da velocidade da luz no vácuo “*c*”. Também é disponibilizado um osciloscópio de traço duplo (dois canais), permitindo ao estudante visualizar na tela do aplicativo a forma de onda

do sinal óptico gerado ou, ainda, comparar a fase das ondas (raio refletido ou refratado) entre dois pontos de medição da onda geradas pelo sinal óptico, conforme a Figura 11.12. Estas medições podem ser feitas no mesmo meio de propagação ou ainda em meios de propagação diferentes. Para a medição dos ângulos do raio, além do uso do transferidor, também é possível, nesta opção do software, que o valor dos ângulos entre os raios em relação à reta normal seja apresentado pelo aplicativo, o que facilita a visualização, além de permitir aferir a medição realizada diretamente no transferidor.

Figura 11.12 – Cenário PhET - Refração da Luz



Fonte: O autor

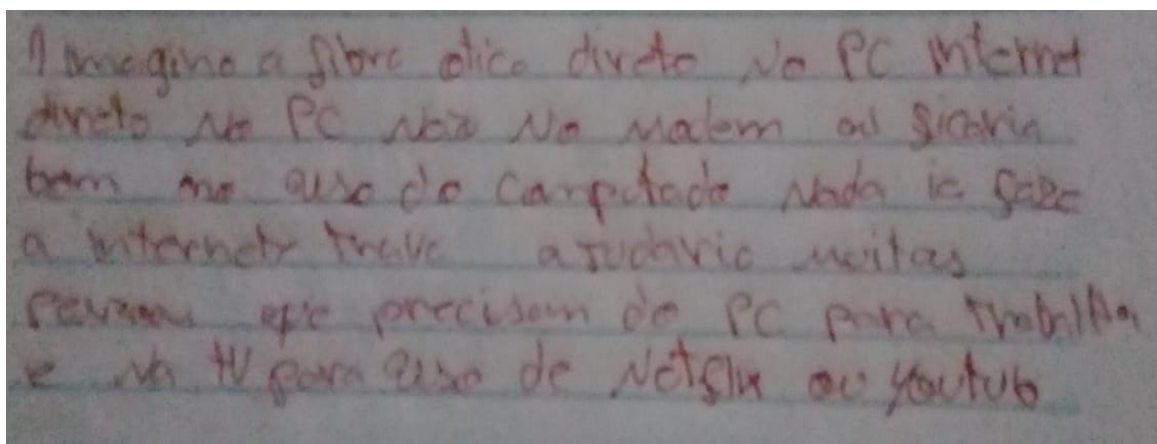
As respostas apresentadas pelos estudantes ao roteiro de laboratório proposto neste último tópico não foram satisfatórias ao que foi proposto para esta atividade. A proposta de trabalhar o tema da refração e experimentar situações que levassem os estudantes a inferir sobre o ângulo limite, para posteriormente abordar o assunto sob o tópico do funcionamento da fibra óptica, associando o conhecimento teórico à aplicação prática, e na área da tecnologia, não pôde ser concluído com êxito. A baixa participação dos estudantes, associada à evasão escolar no período de desenvolvimento desta atividade, assim como o total de pontos obtidos estarem próximos ao total para aprovação nas disciplinas do EJA, e resultando na não entrega dos trabalhos, foram algumas das dificuldades encontradas.

Para este roteiro, encontramos respostas retiradas da internet, as quais foram descartadas, o que nos impediu de proceder com uma avaliação real das respostas dos estudantes. Algumas das respostas que consideramos foram apresentadas pelo estudante RN, com relação à medição do ângulo crítico, para a verificação do ângulo limite, considerando os meios de propagação “ n_1 ” sendo o vidro e “ n_2 ” sendo o ar, com o feixe de luz disparado do meio “ n_1 ”, cujo

experimento apresenta o resultado de um ângulo próximo de 42° em relação à reta normal, que pôde ser medido através do software.

Para as questões que remetem à situação problema do início das atividades e sobre o uso da fibra óptica, o estudante RN descreve sua opinião, apresentada na Figura 11.13: .

Figura 11.13 – Resposta Estudante RN



Fonte: O autor

Nesta resposta, o estudante RN imagina o uso da fibra conectada diretamente nos equipamentos terminais de comunicação, para obtermos uma velocidade máxima de comunicação. Segundo sua expectativa, eliminaríamos os modems nas residências para a comunicação com a internet, e que as fibras óticas seriam interconectadas diretamente aos microcomputadores e TV's, eliminando travamentos de softwares devido à má qualidade do sinal recebido e propiciando o uso do vídeo em boa qualidade. O que entendemos haver um entendimento da situação-problema, o entendimento do benefício do uso da fibra óptica, assim como de que a ciência pode explicar o funcionamento de tecnologias presentes em nosso cotidiano, e como estas tecnologias beneficiam pessoas e sociedades, ao serem desenvolvidas e aplicadas em seu benefício. Não houve relatos alusivos a outras áreas tecnológicas além da área da tecnologia da informação. Esperávamos algum relato em relação à área da saúde através das cirurgias a *laser*, mas consideramos válida a proposta trabalhada pelos estudantes.

11.4 Questionários Eletrônicos (E)

Para as estatísticas dos questionários rápidos, avaliamos o aproveitamento em cada atividade desta etapa para os cinco estudantes selecionados, após o processamento das respostas apresentadas em cada atividade (TABELA 11.1).

Tabela 11.1 – Aproveitamento nas Atividades Questionário Eletrônico

ATIVIDADES QUESTIONÁRIOS ELETRÔNICOS						
ESTUDANTE	QUEST II - COR e VISÃO		QUEST III - REFLEXÃO		QUEST IV - REFRAÇÃO	
	TENT.	APROVEITAM.	TENT.	APROVEITAM.	TENT.	APROVEITAM.
DL	--	--	--	--	--	--
JN	1	63%	3	90%; 90%; 100%	3	50%; 58%; 67%
RN	1	50%	2	20%; 20%	2	17%; 75%
ST	1	88%	3	60%; 80%; 100%	1	100%
ZL	1	88%	--	--	--	--

Fonte: O autor

Observamos que, na primeira atividade, os estudantes responderam com apenas uma tentativa, do total de 3 disponibilizadas na plataforma. Acreditamos ser devido ao fato do desconhecimento para a metodologia adotada, apesar de informarmos que, das três tentativas, seria considerada a de maior pontuação atingida dentre elas, independente da ordem em que forem realizadas. Entretanto, os estudantes não se dispuseram a realizar além de apenas uma tentativa nesta modalidade de exercício. Para a segunda e terceira atividades, as tentativas adicionais foram aproveitadas pelos estudantes, permitindo que os estudantes JN, ST e RN melhorassem sua pontuação até atingir a pontuação máxima, o que, na visão do professor é uma atitude positiva, pois permite ao estudante assimilar melhor o conteúdo, revendo o texto mais de uma vez na busca do entendimento do assunto em estudo, promovendo a apropriação do conhecimento. Observando a Tabela 11.1, é possível observar que os estudantes JN e ST obtiveram aproveitamento progressivo dentre cada uma das três tentativas, o que poderemos considerar como uma apropriação do conhecimento sobre o conteúdo que foi por eles trabalhado. Lembrando que, a cada tentativa, as questões e respostas são apresentadas aos estudantes em formato randomizado, o que exige do estudante a releitura da questão e respostas, para selecionar a melhor resposta dentre aquelas apresentadas em cada questão. As estudantes DL e ZL iniciaram suas atividades na turma com atraso, não respondendo a estes questionários devido ao volume de tarefas a serem entregues até o fechamento das notas dos bimestres, sendo que a estudante ZL respondeu apenas ao questionário II deste item de avaliação.

11.5 Questionário de Opinião (O)

Em complementação aos nossos itens de avaliação, e com o intuito de obter uma opinião direta dos doze (12) estudantes frequentes sobre o uso do software nas atividades práticas para o ensino de Física no ensino médio, apresentamos aos estudantes a pesquisa de opinião constante no Apêndice B deste trabalho. Questionamos sobre o uso do software nas atividades propostas, bem como sua influência sobre a compreensão do conteúdo apresentado, e também em quais modalidades de ensino os estudantes acreditam haver a possibilidade do uso do software. Obtivemos 9 respostas neste questionário, onde, do total, processamos 5 destes, os que não possuíam respostas incompletas ou duplicadas. Dentre os respondentes, encontram-se dois dos estudantes selecionados para o nosso estudo. Observamos que:

- 60% dos respondentes fizeram as atividades propostas pelo professor
- 60% utilizaram o simulador PhET durante a elaboração das atividades
- 100% acreditam que as atividades de laboratório através do *software* podem auxiliar os estudantes a compreender melhor os conteúdos da disciplina Física, e que o aplicativo pode ser utilizado por todos os estudantes cuja faixa etária esteja apta a cursar o ensino médio, na opinião dos estudantes.

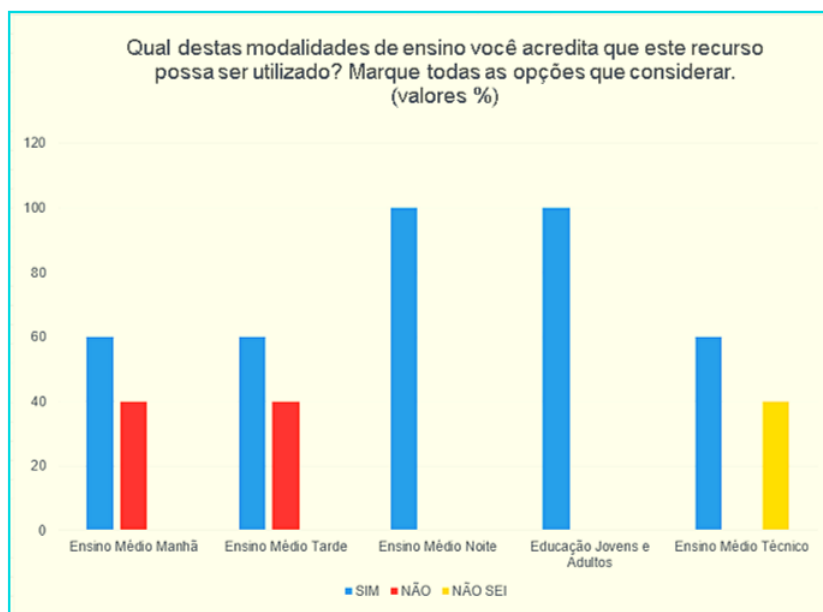
Dentre os respondentes, 60% acreditam que o recurso pode ser utilizado nas modalidades do ensino médio manhã, tarde, e ensino médio técnico, e todos acreditam ser um bom recurso didático para o ensino médio noite e ensino médio EJA (FIGURA 11.14).

No espaço disponibilizado para comentários dos estudantes, a estudante ZL relatou a sua experiência com o uso do *software*, mas também alguma pequena dificuldade na sua interatividade:

ZL: Acho que as atividades laboratoriais são de muita importância e ajuda bastante quando conseguimos acesso. O que nem sempre acontece.

sendo um fato que não desabona a intenção em usá-lo, pois deveremos considerar a resposta positiva no uso do software pela estudante, observando as condições de estudo e desenvolvimento da sequência didática, e da pesquisa que ocorreu durante o período de isolamento social da pandemia, onde a interação entre estudantes ou entre professor e estudante tornou-se deficitária.

Figura 11.14 – Opinião sobre o uso do Laboratório Virtual PhET



Fonte: O autor

11.6 Reavaliando o questionário motivacional e análise final

Retomando os itens de análise, e estabelecendo relações dos resultados apresentados em cada um deles, é possível reafirmar, através da análise do Questionário Motivacional (M), que os indícios de motivação intrínseca são predominante para a maioria dos estudantes. Esta constatação obtida através dos itens do instrumento de análise (M) é um dado importante, e manter esta motivação ativa é necessário, realimentando-a durante as aulas e o período letivo, pois a motivação é um dos insumos necessários ao bom desempenho do estudante durante sua jornada acadêmica, segundo Siqueira e Wechsler (2006). Para a geração nativa digital, esta motivação torna-se imperativa, pois são estudantes habituados à interatividade com jogos, vídeos, redes sociais e materiais multimídia em seu cotidiano. E utilizar-se dos meios e instrumentos de uso habitual destes estudantes, transformando-os em instrumentos didáticos, pode engajar melhor estes discentes no processo de ensino e aprendizagem.

Em relação ao estudo da disciplina Física, ainda avaliando-o através do indicador (M), os estudantes, em sua maioria, tem interesse pela disciplina, mas as habilidades e competências no domínio de disciplinas base, tais como a Matemática e o Português, são insumos fundamentais para que o estudante obtenha êxito no desenvolvimento da disciplina e, talvez, uma apropriação com maior eficiência e atinjam a proficiência em seus conteúdos. O indicador (M) nos revela ser a Física uma disciplina que desperta o interesse dos estudantes, mas que em sua

maioria ainda buscam uma identificação com os seus ensinamentos, o que ainda carece de aprimoramentos, sendo que ainda é apresentada em um formato não condizente aos estudantes do século XXI, com conteúdos puramente teóricos, baseando-se em fórmulas matemáticas, apresentados aos estudantes talvez sem a informação conceitual sobre suas origens, ou até mesmo isentando-se da sua formulação histórica para o contexto atual, ou em um formato mecânico de aprendizagem. Para a PCN (2007), o ensino da Física precisa dar significado, explicitando o sentido da informação, associando o conceito físico à realidade do estudante, principalmente no ensino médio, para o público jovem. As informações apresentam-se com o uso de conceitos e terminologias próprias, impregnadas de contribuições culturais, econômicas e sociais ao longo da história da humanidade, que influenciaram, impulsionaram e impulsionam o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, e contribuem significativamente para a formação do cidadão consciente e a vida em sociedade.

Para os cinco (5) estudantes inicialmente selecionados para o nosso estudo, reavaliando o Questionário Motivacional (M), reaplicado ao final das atividades propostas, identificamos que os estudantes RN, ZL e ST obtiveram uma alteração significativa nas respostas apresentadas, com alteração dos resultados obtidos em relação à primeira avaliação deste instrumento de coleta de dados, alterando seu status de indícios de desmotivação para motivados, com características de motivação intrínseca, o que, em nossa avaliação particular, consideramos ser uma expressão positiva em nosso estudo, para os quais faremos a avaliação individual, relacionando os indicadores e inferindo os resultados sobre estes.

O estudante ST, em uma escala percentual de avaliação qualitativa, conforme citado no tópico 8.1.2, com escala entre -56,0 a +56,0 pontos compreendendo o zero como ponto central da escala para o questionário motivacional, foi classificado inicialmente com indicador de -8,93%, sendo alterado para +2,2% na classificação final. Parece-nos à primeira vista um índice pequeno na escala de atitudes para o estudo da Física. Mas, avaliando por itens individuais, percebemos que o estudante alterou atitudes comportamentais, motivacionais para o estudo da Física, e atitudes relacionadas ao interesse e percepção quanto à aplicação dos conteúdos apresentados. As opções com alterações significantes foram “Aprender Física me traz satisfação” e “Desejo aprender Física pois julgo que ela me é útil e necessária”.

A estudante ZL, com avaliação inicial de -8,90% e avaliação final de +23,21%, apresentou alteração em 9 dos 28 itens do Questionário Motivacional (M), mas com alterações expressivas entre o momento inicial e o final. Opções tais como o gostar de Física, o estímulo

pelo estudo e aprendizado da disciplina e a aplicabilidade do conhecimentos tiveram notória ampliação percentual no questionário final. As opções nos itens do estudo por obrigação, estudar apenas para passar de ano, sentir-se perdida, e desconhecimento da aplicabilidade dos conteúdos apresentados pelo professor, obtiveram uma reavaliação percentual menor.

O estudante RN, na avaliação final, foi o que mais alterou positivamente na escala qualitativa, alterando 14 dos 28 itens do questionário motivacional (M). Atitudes comportamentais, de interesse e gosto pela disciplina, de resolução de problemas, de aplicabilidade dos conhecimentos e motivação intrínseca podem ser identificados nas respostas do questionário, alterando a avaliação inicial de $-14,29\%$ para $+30,36\%$.

Esta mudança do estudante também pode ser verificada no item de análise dos Questionários Eletrônicos (E), onde o estudante obteve uma alteração expressiva na pontuação do Questionário IV - Refração (TABELA 11.1), na argumentação dos laboratórios, sendo um dos poucos a responder a questão sobre a tecnologia e o uso da fibra ótica, ao realizar o laboratório de medição do ângulo limite para a reflexão total da luz.

Ainda avaliando o indicador (E), Questionários Eletrônicos, na Tabela 11.1, identificamos a evolução de aproveitamento para os alunos JN, ST e RN com avaliação progressiva em cada uma das tentativas nesta atividade, o que nos remete a indícios de apropriação do conhecimento.

Correlacionando os indicadores da pesquisa, podemos inferir para os três estudantes com alteração na motivação (M) que houve alteração no conhecimento (T).

Para a estudante ZL, além da alteração no indicador (M), esta relata ser o uso do laboratório em software (A) um facilitador no processo ensino e aprendizagem, julgando ser este tipo de atividade de grande importância para a assimilação do conteúdo.

Para o estudante ST, a alteração no indicador (M), apesar de menor expressividade, foi significativa nas alterações em outros indicadores, como o indicador (E), onde observamos a dedicação na busca de melhores resultados nas pontuações e também no despertar da aplicabilidade dos conhecimentos da disciplina pelo estudante.

A estudante JN não respondeu o Questionário Motivacional (M) ao final das atividades, mas com a evolução nas atividades de Questionário Eletrônico (E) é perceptível a evolução do conhecimento dentre as tentativas realizadas, considerando que, a cada tentativa, as questões e respostas são apresentadas em formato randomizado para avaliar a assimilação do conteúdo apresentado ao estudante.

Para o questionário de opinião sobre o uso do laboratório em *software PhET* (O), os estudantes respondentes que utilizaram-no afirmam ser um recurso com capacidade de auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos e conteúdos da disciplina, considerando ser um recurso viável, com a aprovação de todos os respondentes, para as atividades no ensino médio noite e EJA, com aceitação expressiva. Sendo este estudo realizado em condições que podem não ser plenamente favoráveis à obtenção de resultados com participação de um maior número de estudantes, devido ao isolamento social, planejamos a sua revalidação sob novo contexto de participação plena dos estudantes na modalidade de ensino híbrido, mas sem desconsiderar os resultados anteriores obtidos no presente estudo.

12 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO SOFTWARE

O uso do software e arquivos multimídia propiciaram vantagens para os estudantes, considerando a questão da visualização concreta dos fenômenos físicos, a redução da necessidade de abstração em determinadas atividades, assim como o suporte didático em determinados momentos com relação a outras disciplinas, como a matemática. O uso do transferidor presente na área de trabalho do *software PhET*, permitindo uma leitura direta de ângulos de incidência e reflexão ou refração dos raios luminosos, foi um dos questionamentos apresentados pelo estudante ST. No questionamento, foi possível esclarecer não só a dúvida com relação à Física, mas também o conceito matemático.

Outro ponto a ser destacado é o medidor de intensidade luminosa, também presente na tela do software. O medidor apresenta a leitura da velocidade da luz em relação à velocidade da luz no vácuo (c). As medições sempre são referenciadas em relação a (c) em termos percentuais, o que permite ao estudante correlacionar e ter uma ideia de proporção entre valores.

O software utilizado permitiu ao estudante experimentar e participar do seu processo de aprendizado, conforme a proposta de Ausubel, e não apenas permanecer na observação de resultados ou na expectativa de que o professor demonstre o conhecimento.

Durante a avaliação do Questionário Motivacional da etapa final, contendo as respostas dos estudantes ao final das tarefas, observamos o registro nos comentários do estudante FP, que nos chamou a atenção para um dos pontos que buscávamos em nosso estudo. O estudante nos relata:

FP: Acho a física de extrema importância e interessante, porém o jeito que é comumente explicado acaba se tornando complicado e desinteressante. Além de ter muitos tópicos e materiais que não serão úteis na vida da maioria das pessoas, assim como diversas outras disciplinas. No geral, se algum professor me pedisse um conselho eu os indicaria a estudarem e observarem o jeito que é explicado as aulas mais “famosas” no youtube. São vídeos feitos de formas “divertidas”, ilustradas, que prendem a atenção e explicam usando analogias do cotidiano, isso faz qualquer aluno gostar da matéria e absorvê-la

onde expressa a importância do estudo da Física, e o formato no qual é apresentada nas salas de aula. O estudante também relata sobre o material didático ser atraente pelo formato e conteúdo, e a analogia do assunto estudado referenciado ao contexto do cotidiano dos estudantes. Esta visão do estudante corrobora com os preceitos da teoria da aprendizagem de Ausubel e Vygotsky, e nos fornece insumos de conhecimento na busca da melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem, assim como na seleção de materiais didáticos potencialmente significativos, que

permitam atingir o máximo de eficiência na educação dos estudantes dos tempos atuais. Outro fator a ser considerado é a diversidade de recursos didáticos em software atualmente disponibilizados para o ensino. Aulas de laboratórios onde seriam necessários equipamentos de alto custo, tal qual um osciloscópio de duplo traço, medidores de intensidade luminosa, que compõem o software utilizado neste trabalho, conforme apresentamos, podem ser desenvolvidas com estudantes em escolas públicas, que poderão ser futuros engenheiros, médicos, tecnólogos ou profissionais de outras áreas, permitindo a apropriação do conhecimento embasado em atividades utilizando recursos potencialmente significativos para o estudante da geração atual, sem custo, e com um amplo poder de exploração didática.

13 CONCLUSÕES

Os dados obtidos através dos instrumentos de coleta de dados utilizados neste trabalho, logo nas primeiras análises apresentou-nos uma grande e grata surpresa nos resultados. Dados estes que não esperávamos encontrar logo nas primeiras análises em nossa pesquisa e que corroboram para o resultado final da análise. Esperávamos encontrar estudantes desmotivados em sua maioria. Resultado este que impactou positivamente em nossa expectativa e resultados da pesquisa, frente as adversidades em que passam estudantes e professores com o descaso no ensino público em relação a investimentos e baixa remuneração dos profissionais da área. Mas observamos, nas turmas avaliadas, que os estudantes se apresentam à escola abertos a propostas, confiantes e motivados, em sua grande maioria, conforme foi o resultados das questões de (1) a (3) e de (5) a (8) do levantamento inicial, através do questionário de atitudes dos estudantes em relação à Física. Entendemos que esta pré-disposição ao estudo deva ser incentivada, oferecendo ao estudante oportunidades e materiais didáticos potencialmente significativos, para que o estudante mantenha esta motivação ao longo de sua jornada acadêmica.

A busca pela melhoria da qualidade do ensino, seja através de novos recursos didáticos ou outras práticas, deve sempre estar em pauta, seja por parte das instituições de ensino, pelos profissionais da área de educação, pelos órgãos governamentais ou pela sociedade como um todo. E não somente por materiais didáticos e infraestrutura nas escolas, mas também pela qualificação profissional, pois a qualidade do ensino depende da condição para atender e suprir as necessidades do público estudantil, com propostas inovadoras e desafiadoras, para que estes mantenham a motivação e o incentivo na busca por novos conhecimentos.

No que concerne ao material didático, o celular utilizado como instrumento pedagógico no ensino da Física poderá contribuir e tornar-se um facilitador através do uso de softwares adequados, de fácil manuseio, aliados a sequências didáticas que estimulem o estudante a experimentar e testar conhecimentos, apesar do pouco tempo destinado às aulas de física (2 horas-aula de 50 minutos por semana). A proposta é tornar as aulas mais atrativas com o uso de softwares didáticos, reduzindo o grau de abstração necessária devido à visualização imediata do experimento executado “na palma da mão”, através da tela de um celular, como é o caso da visualização dos fenômenos de reflexão e refração da luz em uma mesma simulação, com seus respectivos ângulos associados, em um formato interativo, ou a visualização das linhas de campo magnético de um ímã, em uma aula de eletromagnetismo ou a animação ampliada de fenômenos em escalas nanométricas para o estudo da Física Quântica. Situações onde os

estudantes não necessitam imaginar, cada um ao seu modo, mas todos com a mesma visão, fato que poderá facilitar a observação, interação, podendo gerar discussões concretas sobre os fenômenos observados, assim como o estímulo para novas simulações em tempo real com o experimento.

E sob esta perspectiva de análise, consideramos como resultado do presente estudo que os objetivos propostos foram alcançados, observando o resultado dos dados produzidos, processados e analisados no desenvolvimento desta pesquisa. O uso de uma metodologia que promova a participação ativa dos estudantes, tendo o uso de softwares de simulação de efeitos físicos utilizados como instrumento didático pode promover a motivação e a apropriação do conhecimento por parte dos estudantes.

Embasados em nossa questão diretriz, e avaliando os resultados obtidos através dos instrumentos de coleta de dados utilizados, sendo o Questionário de atitude dos Estudantes em relação à Física, o Questionário Teórico, os Questionário Eletrônicos, e os Roteiros de laboratório com o uso do *software*, constatamos que não somente o uso do recurso didático em *software*, mas também o a sequência didática proposta, assim como os exercícios propostos e a problematização inicial, contribuíram para a apropriação do conhecimento por parte dos estudantes selecionados durante esta pesquisa.

Ressaltamos ainda que os resultados obtidos corroboram com alguns dos trabalhos relacionados em nosso capítulo sobre a literatura consultada, com relação à facilitação do entendimento, o interesse pelo assunto e a redução da abstração necessária em determinados conteúdos apresentados pelo professor. E também, sem deixar de explicitar e concordar com a conclusão de Campos (2017), que considera o fato em que estudantes com dificuldades na aprendizagem podem ser contemplados sob o contexto do uso dos *softwares* didáticos, os quais poderão compor insumos para promover a facilitação do entendimento contribuindo para haver a apropriação do conhecimento, para este público estudantil.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. **Motivação, uma necessidade intrínseca do ser humano...** Psicologia.pt, 2017. Disponível em: <https://www.psicologia.pt/artigos/ver_opiniao.php?motivacao-uma-necessidade-intrinseca-do-ser-humano&codigo=AOP0443>. Acesso em: 20 dez. 2020.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** Porto Alegre RS: Penso Editora, 2018.
- BARROSO, F. F. **Aplicação do método gráfico das coordenadas de Pierre Lucie em uma aula de ensino médio.** 2017. Accepted: 2017-09-27T22:43:12Z. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/4699>>. Acesso em: 27 jan. 2021.
- BITENCOURTE, A.; HINZ, V. T.; LOPES, J. L. B. Uma análise do uso das tecnologias móveis digitais em sala de aula no ensino médio de uma escola pública. **Revista Educar Mais**, v. 2, n. 1, 2018.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular.** MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.
- BRASIL, I. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais-Física/PCN+.** MEC, 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- CAMPOS, B. d. O. **Utilização de simulações computacionais no ensino de física, na área da terminologia.** 2017. Accepted: 2017-09-21T23:11:55Z Publisher: Universidade Federal de Alfenas. Disponível em: <<https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/1017>>. Acesso em: 07 nov. 2019.
- EXPLOREASTRO. **Porque os eclipses solares são visíveis apenas em alguns lugares.** Youtube.com, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=asO2wBT9W9M>>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- FERNANDES, E. **David Ausubel e a aprendizagem significativa.** 2011. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- FERRARI, M. **Lev Vygotsky: o teórico do ensino como processo social.** 2008. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/382/lev-vygotsky-o-teorico-do-ensino-como-processo-social>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- FÍSICAMAIS. **Leis da reflexão e o princípio de Fermat.** Youtube.com, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=8g4Xqs-1FN8>>. Acesso em: 11 abr. 2020.
- FÍSICAMAIS. **O que é a Luz | Óptica Geométrica.** Youtube.com, 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=__b8Blrmouw>. Acesso em: 11 abr. 2020.
- FÍSICAMAIS. **Sombra, penumbra e a câmara escura.** Youtube.com, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=L45mOgSmMZI>>. Acesso em: 11 abr. 2020.
- FIZIOTTO, R. B. S. **Gamificação : uma proposta de abordagem de modelos atômicos para estudantes do ensino médio.** 2019.

GOMES, D. **Aprendendo refração, reflexão e fibra óptica!** Youtube.com, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=phHGmTveuSc&t=4s>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2009. OCLC: 817099178. ISBN 978-85-216-1607-8 978-85-216-1605-4 978-85-216-1606-1 978-85-216-1608-5.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

LOPES, P. A.; PIMENTA, C. C. C. O uso do celular em sala de aula como ferramenta pedagógica: Benefícios e desafios. **Revista Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica, Recife**, v. 3, n. 1, p. 52–66, 2017.

MAGODAFÍSICA. **Reflexão total da luz : Visualizando fenômenos físicos**. Youtube.com, 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mFVfXsqpNh4>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

MENDES, M. S. Da inclusão à evasão escolar: o papel da motivação no ensino médio. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 30, n. 2, p. 261–265, jun. 2013. ISSN 0103-166X. Publisher: Estudos de Psicologia (Campinas). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-166X2013000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>.

MENDONÇA, C. P. d. **A formação de professores de física na visão de formandos e recém formados: um estudo na Universidade Federal de Juiz de Fora**. [S.l.]: Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente**. UFRGS, 2011. 22 p. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2020.

OLIVEIRA, J. R. d. **Games digitais : uma abordagem de física de partículas elementares no ensino médio**. UNB, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/35139>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. [S.l.]: Penso Editora, 2011.

PIMENTA FILHO, M. V. **Potencialidades do Facebook no processo de ensino e aprendizagem de Física**. CAPES, 2017. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6282460>. Acesso em: 10 fev. 2021.

RIBAS, G. S. F. **Uma proposta para motivar o aluno a aprender mecânica no ensino médio: abordagem com tecnologias de informação e comunicação**. UFRGS, 2017. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/173055/001060420.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 nov. 2020.

RUBIM JUNIOR, J. R. **Microcontrolador Arduino no ensino de física: proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema luz e cor.** [S.l.]: Universidade Federal de São Carlos, 2014.

SÁ, D. M. **Os historiadores e a pandemia.** FIOCRUZ, 2020. Disponível em: <<http://www.coc.fiocruz.br/index.php/pt/todas-as-noticias/1853-especial-covid-19-os-historiadores-e-a-pandemia.html#.YIdSDqFv-00>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

Sanar Medicina. Linha do tempo do coronavírus no brasil. **Sanar | Medicina**, 2021. Disponível em: <<https://www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SANTOS, R. P. d.; BALTHAZAR, W. F.; HUGUENIN, J. A. O. Sequência didática para o ensino de cinemática com vídeo análise na perspectiva da teoria de aprendizagem significativa. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 2, p. 54–67, dez. 2017. ISSN 2594-4746. Number: 2. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7072>>.

SIQUEIRA, L. G. G.; WECHSLER, S. M. **Motivação para a Aprendizagem Escolar: Possibilidade de Medida.** Imapnet.org, 2006. 21-31 p. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=335027179004>>. Acesso em: 05 dez. 2020.

TALIM, S. L. A atitude no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 313–324, jan. 2004. ISSN 2175-7941. Number: 3. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6422>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

TODOROV, J. C.; MOREIRA, M. B. O conceito de motivação na psicologia. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 7, n. 1, p. 119–132, jun. 2005. ISSN 1517-5545. Publisher: Associação Brasileira de Psicoterapia e Medicina Comportamental. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1517-55452005000100012&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

TULHA, C. N. **Uso de laboratórios remotos integrados a jogos digitais para o ensino de física.** UNICAMP, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/335404>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

VANINI, L.; PAULA, A. G. Utilização do recurso celular em sala de aula: realidades, aspectos e possibilidades. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 1, n. 2, p. 130–141, 2018.

WIEMAN, C. E.; ADAMS, W. K.; PERKINS, K. K. **PhET: DESVIO DA LUZ. In: Phet Interactive Simulations.** 2016. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/bending-light>. Acesso em: 10 set. 2020.

WIEMAN, C. E.; ADAMS, W. K.; PERKINS, K. K. **PhET: VISAO DE COR. In: Phet Interactive Simulations.** 2016. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulations/color-vision>>. Acesso em: 10 set. 2020.

APÊNDICE A – Questionário Motivacional

QUESTIONÁRIO DE ATITUDE DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO À FÍSICA

Marque um X na resposta relativa a sua opinião em cada uma das afirmativas, sendo DT (discordo totalmente), D (discordo), SO (sem opinião), C (concordo), CT (concordo totalmente).

	AFIRMATIVAS DE ATITUDE	DT	D	SO	C	CT
1	Os problemas de Física despertam minha curiosidade					
2	Eu não gosto de Física					
3	Não consigo entender nada de Física					
4	A Física é fascinante					
5	Estudo Física porque sou obrigado					
6	Tenho prazer em resolver um problema de Física					
7	Nas aulas de Física me sinto muito bem					
8	Quando estudo física, sinto-me incomodado					
9	Física é a matéria que mais me interessa					
10	Estudar Física para mim é perda de tempo					
11	Quando tento resolver um problema de Física desanimo logo					
12	Aprender Física me traz satisfação					
13	Eu sinto facilidade em aprender Física					
14	Fico nervoso só de pensar em ter que resolver problemas de Física					
15	Acho a Física muito importante					
16	Gosto muito da Física					
17	Estudo Física apenas para passar de ano					
18	A Física me ajuda a resolver problemas práticos					
19	Um problema difícil de Física me desafia a resolvê-lo					
20	Sinto-me completamente perdido quando estudo Física					
21	As aulas de Física me deixam inquieto, irritado e desconfortável					
22	Quando estudo Física, sinto-me estimulado a aprender					
23	Os conteúdos estudados em Física não me são de qualquer utilidade					
24	Sinto-me bem resolvendo problemas de Física					
25	Sinto desgosto só de ouvir a palavra Física					
26	Não acho nenhuma utilidade para o que aprendo em Física					
27	Desejo aprender Física, pois julgo que ela me é necessária e útil					
28	Sinto-me tranquilo e confiante nas aulas de Física					

APÊNDICE B – Pesquisa de Opinião
OPINIÃO SOBRE O USO DO LABORATÓRIO VIRTUAL PHET

Após participar das atividades do semestre, responda com sua opinião sobre as atividades de laboratório:

Seu email: _____

Você fez as atividades de laboratório propostas pelo professor?

SIM

NÃO

Você fez uso do aplicativo PHET para as atividades propostas?

SIM

NÃO

Na sua opinião as atividades de laboratório podem auxiliar aos estudantes a compreender melhor os conceitos da disciplina Física?

SIM

NÃO

Você acha que este aplicativo possa ser utilizado por estudantes de qualquer faixa etária (qualquer idade) acima dos 13 anos no ensino médio?

SIM

NÃO

Qual das modalidades de ensino você acredita que este recurso possa ser utilizado?

Marque todas as opções que considerar:

MODALIDADE DE ENSINO	SIM	NÃO	NÃO SEI
Ensino Médio Manhã			
Ensino Médio Tarde			
Ensino Médio Noite			
Educação Jovens e Adultos - EJA			
Ensino Médio Técnico			

Fonte: O autor

Utilize o espaço no verso para seus comentários sobre estas questões ou outras considerações que queira fazer.