

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

CÍCERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA COM O USO DO SIMULADOR
COMPUTACIONAL *PHET* NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO NO
ENSINO MÉDIO**

Maceió
2021

CÍCERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA COM O USO DO SIMULADOR
COMPUTACIONAL *PHET* NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Serra

Coorientador: Prof. Dr. Carloney Alves de Oliveira

Maceió
2021

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

O48e Oliveira, Cícero Neilton dos Santos.
Experimentação no ensino de física com o uso do simulador computacional *PhET* na aprendizagem de força e movimento no ensino médio / Cícero Neilton dos Santos Oliveira. – 2021.
143 f. : il. color.

Orientador: Kleber Cavalcanti Serra.
Co-orientador: Carloney Alves de Oliveira.
Dissertação (Mestrado em ensino de ciências e da matemática) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Educação. Maceió, 2021.
Inclui produto educacional: Roteiro de atividades para uso do simulador
computacional *Phet* para o ensino de força e movimento nas aulas de física.

Bibliografia: f. 95-99.
Apêndices: f. 101-143.

1. Força e movimento. 2. Experimentação. 3. *PhET* (Simulador
computacional). 4. Física - Aprendizagem. I. Título.


CDU: 372.853.1

CÍCERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA

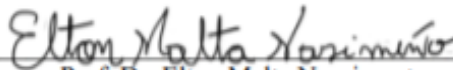
“Experimentação no ensino de física com o uso do simulador computacional
PhET na aprendizagem de força e movimento no Ensino Médio”

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, aprovada em 27 de agosto de 2021.

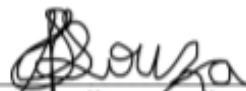
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carloney Alves de Oliveira
Coorientador
(Cedu/Ufal)



Prof. Dr. Elton Malta Nascimento
(IF/Ufal)



Profa. Dra. Silvana Paulina de Souza
(Cedu/Ufal)

A Deus, ser supremo e responsável por minha existência. Aos meus familiares, de modo especial aos meus pais, Maria Benedita e José Jerônimo, a minha vó Benedita, a minha esposa Naldjane e ao meu filho João Pedro, que sempre estiveram ao meu lado, possibilitando que continuasse meu percurso acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por sempre estar iluminando todos os meus propósitos.

À minha mãe Maria Benedita dos Santos Oliveira, a meu pai Benedito de Oliveira (*in memoriam*) e ao meu padrasto José Jerônimo dos Santos, pelo companheirismo, ensinamentos, acolhimento, compreensão, paciência e pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos compartilhados.

À minha vó Benedita, que tanto contribuiu para minha formação cidadã, sempre nos trilhando para o caminho do respeito, honestidade e do conhecimento, enquanto virtudes transformadoras.

À minha esposa Naldjane da Silva e ao meu filho João Pedro, pelo carinho, respeito, amizade, momentos de descontração e principalmente pela compreensão nas minhas ausências durante o decorrer de todo o curso.

À minha irmã Nidiane Oliveira, meus sobrinhos Carlos Eduardo e Davi Luis, pelo carinho, amizade e reciprocidade.

A todos os meus familiares pelo carinho, apoio e amizade.

Ao meu orientador professor Dr. Kleber Cavalcanti Serra, pela amizade, respeito e colaboração desde o curso de licenciatura Física até a receptividade e disposição de nos nortear para o caminho do conhecimento no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

Ao meu coorientador professor Dr. Carloney Alves de Oliveira, pela amizade, respeito e disponibilidade em estar contribuindo para a minha formação acadêmica, desde graduação em Física até as ideias e sugestões para a concretização desta pesquisa.

Aos professores que fizeram parte da banca examinadora: professor Dr. Elton Malta Nascimento e professora Dra. Silvana Paulina de Souza, por aceitar o convite enquanto docentes avaliadores dessa pesquisa e pelas sugestões propositivas que muito contribuiu para o aprimoramento deste trabalho.

Aos professores do Centro de Educação (CEDU), de modo particular ao professor Me. Renan Gomes, Dr. Jorge Eduardo, Dra. Conceição Valença, professor Dr. Luis Paulo Mercado e a professora Dra. Elza Maria da Silva, pelo incentivo deste o período da seleção de ingresso para o Mestrado.

A todos os docentes do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Federal de Alagoas, em especial aos professores Dr. Elton

Fireman, Dr. Jenner Barretto Bastos e Dr. Ivanderson Pereira, pela dedicação, compromisso e empenho em compartilhar saberes durante esta minha etapa acadêmica.

A todos os meus amigos do Mestrado, todos mesmo, sem exceção, pela amizade, companheirismo e por fazer parte da minha vida, sou muito grato a todos vocês. Turma mais que especial.

Aos colegas técnicos da UFAL, de modo especial aos companheiros de trabalho do CEDU.

À Universidade Federal de Alagoas, por nos permitir em ensino de qualidade e que contribua para a melhoria na qualidade da educação brasileira, em especial ao estado de Alagoas.

À Pró-reitoria de Pós-graduação (PROPEP), por colaborar na elaboração de estratégias que permitam a oferta de cursos nos níveis lato e stricto sensu.

Às Unidades Acadêmicas da UFAL que fazem parte do PPGECIM (Centro de Educação, Instituto de Física, Instituto de Matemática, Instituto de Química e Biotecnologia e ao Instituto de Ciências Biológicas), pela disponibilidade em colaborar com a formação continuada dos profissionais docentes.

A escola Estadual professor Arthur Ramos, na pessoa dos diretores Ronaldo Félix e Adriana Barros, bem como ao professor Fernando, ministrante da disciplina de Física na turma onde realizamos a pesquisa, por permitir que estivéssemos realizando as intervenções na unidade de ensino. A todos os estudantes que participaram desta pesquisa e aos pais e responsáveis por aceitarem esta presença a partir da assinatura dos termos de consentimento, essencial para a realização deste trabalho.

A todos e todas o meu MUITO OBRIGADO!

“A humildade exprime, uma das raras certezas de que estou certo: a de que ninguém é superior a ninguém”.

“A teoria sem a prática vira 'verbalismo', assim como a prática sem teoria, vira ativismo. No entanto, quando se une a prática com a teoria tem-se a práxis, a ação criadora e modificadora da realidade”.

Paulo Freire

RESUMO

Experimentos virtuais são caracterizados como objetos de aprendizagem que utilizam simuladores específicos para demonstração de eventos reais. Esta proposta de experimentação tem sido bastante difundida enquanto material didático, constituindo-se como um importante artefato tecnológico nos processos de ensino e aprendizagem na disciplina de Física, atuando como mediador entre teoria e prática. Força e Movimento são conceitos da disciplina de Física e componente curricular abordado no 1º ano do Ensino Médio. Entendendo o atual contexto acerca do uso das tecnologias digitais e aceitação pelos indivíduos, este estudo teve como proposta principal investigar o uso didático do simulador computacional *PhET* nos conteúdos de Força e Movimento para a Aprendizagem Significativa. No que se refere aos objetivos específicos, buscou-se caracterizar o simulador computacional *PhET*; analisar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos conteúdos Força e Movimento; verificar as possíveis contribuições do simulador computacional *PhET* para a Aprendizagem Significativa dos estudantes; construir um roteiro de atividades para os docentes de Física enquanto proposta de sequência didática para uso do simulador computacional *PhET*, trabalhando os conteúdos de Força e Movimento na perspectiva da Aprendizagem Significativa. Este trabalho é de cunho exploratório do tipo pesquisa participante e traz uma abordagem qualitativa, desenvolvida com 12 estudantes de uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, do Ensino regular, da Escola Estadual Professor Arthur Ramos, localizada no município de Pilar/AL. A coleta dos dados foi feita a partir da aplicação dos questionários diagnóstico e de avaliação da aprendizagem, como também na observação dos estudantes durante as simulações com o simulador computacional *PhET* realizadas durante os encontros síncronos. Os questionários foram elaborados com questões abertas e fechadas, aplicados antes e após o uso do simulador computacional *PhET* e as observações tiveram seus registros feitos a partir de um diário eletrônico, constando os acontecidos que entendemos ser mais relevante durante os quatro momentos síncronos. Durante os dois primeiros encontros síncronos foi possível perceber a ausência na participação de alguns estudantes, contudo, nos dois encontros restantes, pode-se notar uma maior interação entre os estudantes, como também entre estes e o professor. As interações com o uso do simulador *PhET* contribui para a aprendizagem, tendo em vista as respostas dos estudantes ao questionário de avaliação da aprendizagem, a interação virtual com os eventos físicos, os resultados instantâneos entre as variáveis envolvidas em cada simulação, a experiência em manipular as simulações e o fato de refazer as mesmas constantemente, possibilitou aos estudantes uma maior motivação no momento das simulações e na descrição das respostas as proposições. Enquanto Produto Técnico-Tecnológico (PTT), resultado desta pesquisa, foi desenvolvido um roteiro de atividades para uso dos professores de Física, sendo este uma proposta de sequência didática com o uso do simulador computacional *PhET* na perspectiva da aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: Força e Movimento. Experimentação. Simulador computacional *PhET*. Aprendizagem.

ABSTRACT

Virtual experiments are characterized as learning objects that use specific simulators to demonstrate real events. This proposal for experimentation has been widely disseminated as teaching material, constituting an important technological artifact in teaching and learning processes in the discipline of Physics, acting as a mediator between theory and practice. Force and Movement are concepts of the discipline of Physics and a curricular component addressed in the 1st year of High School. Understanding the current context regarding the use of digital technologies and acceptance by individuals, this study had as its main proposal to investigate the didactic use of the PhET computer simulator in Force and Motion contents for meaningful learning. With regard to specific objectives, we sought to characterize the PhET computer simulator; analyze students' prior knowledge about Force and Motion contents; verify the possible contributions of the PhET computer simulator for the meaningful learning of students; build a script of activities for Physics teachers as a didactic sequence proposal for the use of the PhET computer simulator, working the Force and Motion contents in the perspective of meaningful learning. This work is of an exploratory participant research type and brings a qualitative approach, developed with 12 students from a class of the first year of high school, regular education, from the Professor Arthur Ramos State School, located in the city of Pilar/AL. Data collection was carried out through the application of diagnostic and learning assessment questionnaires, as well as through observation of students during simulations with the PhET computer simulator performed during synchronous meetings. The questionnaires were elaborated with open and closed questions, applied before and after the use of the PhET computer simulator, and the observations had their records made from an electronic diary, with events that we believe to be more relevant during the four synchronous moments. During the first two synchronous meetings it was possible to notice the absence in the participation of some students, however, in the two remaining meetings, it was possible to notice a greater interaction between the students, as well as between them and the teacher. The interactions with the use of the PhET computer simulator contributes to learning, considering the students' responses to the learning assessment questionnaire, the virtual interaction with physical events, the instantaneous results between the variables involved in each simulation, the experience in manipulating the simulations and redoing them constantly, allowed the students to be more motivated at the time of the simulations and in the description of the answers to the propositions. As an educational product, as a result of this research, a script of activities was developed for use by Physics teachers, which is a proposal for a didactic sequence using the PhET computer simulator from the perspective of student learning.

Keywords: Strength and Movement. Experimentation. *PhET* computer simulator. Learning.

LISTA DE SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CEDU - Centro de Educação

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa

EaD - Educação a Distância

EJA - Educação de jovens e Adultos

F - Força

FG - Força Gravitacional

FR - Força Resultante

IF - Instituto de Física

IFAL - Instituto Federal de Alagoas

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica

MRU - Movimento Retilíneo Uniforme

OA - Objeto de Aprendizagem

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PhET - Physics Educacional Technology

PPGECIM - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

PTT - Produto Técnico-Tecnológico

QD - Questionário Diagnóstico

QA - Questionário de Avaliação da Aprendizagem

TALE - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TD - Tecnologias Digitais

TDIC - Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

UFAL - Universidade Federal de Alagoas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Página inicial da plataforma de simulação <i>PhET</i>	31
Figura 2 – Grupo de <i>WhatsApp</i> com os participantes da pesquisa.....	47
Figura 3 – Aula síncrona da disciplina de Física com os estudantes	47
Figura 4 - Questionário do Google <i>Docs</i> utilizado para coleta de dados.....	49
Figura 5 – Fases de desenvolvimento da atividade	50
Figura 6 – Fases na Análise de Conteúdo	55
Figura 7 – Registro de descrição na Proposição 1	59
Figura 8 - Registro de respostas na Proposição 2	60
Figura 9 - Registros de respostas na Proposição 3	62
Figura 10 - Registros de respostas na Proposição 3	62
Figura 11 - Registros de respostas na Proposição 4	63
Figura 12 - Registros de respostas na Proposição 4	64
Figura 13 - Registros de respostas na Proposição 5	65
Figura 14 - Registros de respostas na Proposição 7	67
Figura 15 - Simulação “Movimento” no simulador <i>PhET</i>	72
Figura 16 - Simulação “Atrito” no simulador <i>PhET</i>	73
Figura 17 - Registros de respostas na Proposição 3	74
Figura 18 - Registros de respostas na Proposição 4	76
Figura 19 - Simulação “Atrito” no simulador <i>PhET</i>	77
Figura 20 - Registro de respostas na Proposição 5.....	78
Figura 21 - Simulação “Aceleração” no simulador <i>PhET</i>	79
Figura 22 : Registro de resposta na Proposição 6	80
Figura 23 : Registros de respostas na Proposição 7	81
Figura 24 : Registro de resposta na Proposição 9	84
Figura 25 : Registros de respostas na Proposição 10	85
Figura 26 : Experimento “Cabo de guerra” no simulador <i>PhET</i>	86
Figura 27 : Registros de respostas na Proposição 11	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Programa das aulas síncronas realizadas com os estudantes	51
Quadro 2: Categorias e subcategorias da Análise de Conteúdo	55
Quadro 3: Subcategorias e Unidades de Registros da Categoria 1A	58
Quadro 4: Subcategorias e Unidades de Registros da Categoria 1B	68
Quadro 5: Subcategorias e Unidades de Registro da Categoria 2	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil dos estudantes participantes da pesquisa.....	45
Tabela 2: Etapa educacional e faixa etária dos estudantes no Ensino Médio	46
Tabela 3: Desempenho dos estudantes na proposição 1 do Questionário Diagnóstico	58
Tabela 4: Desempenho dos estudantes na proposição 2 do Questionário Diagnóstico	59
Tabela 5: Desempenho dos estudantes na proposição 3 do Questionário Diagnóstico	61
Tabela 6: Desempenho dos estudantes na proposição 4 do Questionário Diagnóstico	63
Tabela 7: Desempenho dos estudantes na proposição 5 do Questionário Diagnóstico	64
Tabela 8: Desempenho dos estudantes na proposição 6 do Questionário Diagnóstico	65
Tabela 9: Desempenho dos estudantes na proposição 7 do Questionário Diagnóstico	66
Tabela 10: Melhor Prática Pedagógica para o Ensino de Física	69
Tabela 11: Dificuldade em participar de experimentos de Física mediados pelo uso das TICs ..	70
Tabela 12: Desempenho dos estudantes na Proposição 1 do Questionário AA.....	71
Tabela 13: Desempenho dos estudantes na Proposição 2 do Questionário AA.....	72
Tabela 14: Desempenho dos estudantes na Proposição 3 do Questionário AA.....	73
Tabela 15: Desempenho dos estudantes na Proposição 4 do Questionário AA.....	75
Tabela 16: Desempenho dos estudantes na Proposição 5 do Questionário AA.....	76
Tabela 17: Desempenho dos estudantes na Proposição 6 do Questionário AA.....	79
Tabela 18: Desempenho dos estudantes na Proposição 7 do Questionário AA.....	81
Tabela 19: Desempenho dos estudantes na Proposição 8 do Questionário AA.....	82
Tabela 20: Desempenho dos estudantes na proposição 9 do Questionário AA	83
Tabela 21: Desempenho dos estudantes na proposição 10 do Questionário AA	85
Tabela 22: Desempenho dos estudantes na proposição 11 do Questionário AA	87
Tabela 23: Desempenho dos estudantes na proposição 12 do Questionário AA	89
Tabela 24: Comparação do desempenho dos estudantes na Resolução de Proposições de Força e Movimento	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA E O SIMULADOR <i>PhET</i>	20
2.1.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	22
2.1.1.1 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E DA COMUNICAÇÃO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO.....	24
2.1.1.2 SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA	28
2.1.3 – SIMULADOR COMPUTACIONAL <i>PhET</i>	30
2.1.4 - SIMULADOR <i>PHET</i> NO ENSINO DE FÍSICA	32
2.1.5 – FORÇA E MOVIMENTO	34
2.1.6 – PRIMEIRA E SEGUNDA LEI DE NEWTON	35
2.2 - APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	37
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
3.1 TIPO DE PESQUISA	40
3.2 ABORDAGEM DA PESQUISA.....	42
3.3 COMPONENTES CURRICULARES ABORDADOS	43
3.4 LÓCUS DA PESQUISA	43
3.5 SUJEITOS ENVOLVIDOS	44
3.6 COLETA DE DADOS	48
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
4.1 O SIMULADOR COMPUTACIONAL <i>PhET</i> NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO	56
4.2 DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NA RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	57
4.3 DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NA RESOLUÇÃO DE QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICES.....	100

1. INTRODUÇÃO

O meu apreço pela experimentação em sala de aula surgiu ainda enquanto estudante do Ensino Médio na Escola Agrotécnica Federal de Satuba, hoje Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Satuba, quando o então professor da disciplina de Física, José Isnaldo, nos levou para o laboratório de Ciências da escola. Aquele momento nos marcou de modo bastante significativo, pois, até então, nunca tinha assistido aula em laboratórios. Naquele momento, percebia que os demais colegas estudantes demonstravam mais disposição para frequentarem as aulas de Física, quando as mesmas eram realizadas em laboratórios ou quando tinham sugestões de atividades práticas para serem desenvolvidas em sala de aula.

Enquanto professor da disciplina de Física nas escolas da rede estadual de ensino no município de Pilar/AL, e a partir das relações com os demais membros da comunidade escolar, buscava implementar em minhas aulas uma proposta de aprendizagem mediada pela experimentação, seja através de atividades de campo, ou até mesmo fazendo uso de materiais de baixo custo e fácil acesso na construção dos experimentos, inclusive, sendo esta proposta o objeto de pesquisa em meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Nas unidades de ensino onde atuei não tínhamos laboratórios de Ciências, nos instigando ainda mais para que pudéssemos pensar em estratégias didáticas que viabilizassem os processos de aprendizagem a partir do concreto, ou seja, algo em que os estudantes pudessem evidenciar na prática o que descrevem os conceitos teóricos.

Nesta fase, percebi o quanto a experimentação vereda para os caminhos de uma aprendizagem colaborativa, pois, observamos que os discentes tinham uma maior participação, nas aulas e atividades então propostas, quando estas acrescidas de procedimentos experimentais. É importante ressaltar que atuava como professor ministrante na disciplina de Física, com a formação acadêmica de engenheiro agrônomo, possivelmente devido a carência de profissionais para estarem atuando como docente junto a este componente curricular.

Quando iniciei o curso de licenciatura em Física, na modalidade EaD, pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em 2009, vivenciei momentos formativos em que eram priorizadas aulas expositivas, utilizando-se da experimentação nas disciplinas de laboratórios (Física experimental) e eventualmente as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Durante a licenciatura adquiri novos saberes e aperfeiçoei outros, passando a fazer uso das tecnologias de modo mais frequente.

Próximo em integralizar a licenciatura tive conhecimento acerca do simulador computacional Physics Educacional Technology - *PhET*¹, tratando-se de um programa que reproduz alguns fenômenos relacionados as disciplinas de Física, Química, Biologia, Ciências da terra e Matemática, em ambientes virtuais, dentre estes os inerentes aos conceitos de Força² e Movimento³.

Atualmente, como estudante de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e da Matemática (PPGECIM) da UFAL, surge à possibilidade de aperfeiçoar meus conhecimentos para a prática docente, na linha de pesquisa Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). A partir das orientações do professor Dr. Kleber Cavalcanti Serra e da coorientação do professor Dr. Carloney Alves de Oliveira, que também foram meus professores durante a graduação, posso abordar duas áreas distintas do conhecimento, mais que em muitos momentos se complementam, nos deixando instigado para pesquisar uma temática em que me identifico e que está sendo demonstrado a partir dos estudos deste processo investigativo.

Em razão dessas vivências, surgiu o interesse na busca em desenvolver estratégias didáticas que possibilitem a melhoria na qualidade do que se está propondo a ensinar e, por consequência, em uma aprendizagem que retrate um significado cognitivo, a partir do uso de experimentos na disciplina de Física, mediado por interfaces digitais, entendendo que as tecnologias digitais vêm ganhando vários adeptos, principalmente no contexto educacional.

Esta pesquisa se vislumbra sob uma perspectiva para o Ensino de Física que promova ao indivíduo um pensamento crítico e reflexivo, possibilitando que este faça uso dos conhecimentos então adquiridos não somente no ambiente escolar, como também em seu convívio social. Pois, nas diversas relações da sociedade, o contexto científico e tecnológico se apresenta como protagonista, sendo necessário aos sujeitos o contato com estes saberes.

Desta forma, o Ensino de Ciências visa divulgar os conceitos historicamente construídos, os entrelaces do conhecimento a partir de uma óptica do ambiente e da sociedade, bem como a Ciência se apresenta frente a estes segmentos a partir de um contexto da sala de aula. As atividades de ensino que possibilitam momentos onde os estudantes discutam os problemas

¹ Desenvolvido em 2002 pela Universidade do Colorado Boulder, é um projeto de recursos tecnológicos educacionais abertos que cria e hospeda explicações exploráveis, visando melhorar a forma como a Ciência é ensinada e aprendida por meio de simulações interativas. O site oficial do software é <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>.

² Agente externo que modifica o movimento de um corpo livre ou causa deformação num corpo fixo.

³ Variação de posição espacial de um objeto ou ponto material em relação a um referencial no decorrer do tempo.

investigativos, ou seja, aqueles onde estes sujeitos não são direcionados ao caminho da resposta, perpassando pela investigação, necessitando achá-lo em uma discussão com seus pares.

O Ensino de Ciências, em especial a Física, numa perspectiva da experimentação, mostra-se como relevante para a indagação de conceitos muitas vezes abordados apenas numa concepção teórica. Trabalhar as definições, onde se versa o contato dos estudantes com a abordagem científica, consiste também em possibilitar o protagonismo nas relações de ensino a partir de contextos metodológicos para o Ensino de Ciências. Existem várias possibilidades para o uso das atividades experimentais no Ensino Médio, desde as práticas onde se podem verificar os modelos teóricos e demonstrações sob um viés da experimentação (OLIVEIRA, 2012), sob uma visão construtivista, associando teoria à prática, sendo uma estratégia indispensável nos mais variados contextos epistemológica (BORGES, 1996).

Neste trabalho defendemos a utilização das novas tecnologias no contexto escolar, tendo em vista que esta prática possibilita a capacidade de inovação frente a sociedade, sendo necessário que o ambiente educacional prepare os estudantes para atuarem neste contexto de forma ativa e que cada sujeito saiba fazer uso dessas tecnologias (MERCADO, 2000; MORAN, 2000), reaprendendo a integrar o humano e o tecnológico, pela experiência, pela representação (dramatizações, simulações), tendo em vista que essas tecnologias vêm se tornando cada vez mais acessível aos meios educacionais.

Diante do exposto, percebe-se uma crescente demanda na utilização de plataformas de simulações digitais, enquanto recurso didático, direcionadas em apoiar os processos de ensino e de aprendizagem. Estas simulações criam atividades de experimentos virtuais que aproximam os estudantes dos fenômenos da Ciência, permitindo uma melhor compreensão de conceitos, desempenhando o protagonismo dos estudantes e a melhoria nas perspectivas educacionais (FIOLHAIS, 2003), a partir da exploração das variáveis na simulação, oportunizando que os estudantes possam inferir criticamente diante das observações e dos resultados.

Estas compreensões se assumem diante do incremento de práticas pedagógicas norteadas pela experimentação, estabelecendo um conectivo entre o contexto científico e a aprendizagem. As teorias da aprendizagem têm contribuído para um melhor entendimento destas relações frente às concepções cognitivas no âmbito do Ensino de Ciências.

Tratamos aqui o contexto do conhecimento em Ciências numa perspectiva da Aprendizagem Significativa. Segundo Moreira (2000), “aprender significativamente é conseguir aplicar o conhecimento em situações diferentes daquela que aprendeu”. Dentro da perspectiva da Aprendizagem Significativa são apontadas duas condições elementares para que a aprendizagem significativa se concretize, a estratégia ou material de aprendizagem deve ter um potencial

significativo e o sujeito na condição de aprendiz deve se mostrar disposto a aprender (AUSUBEL, 1982; MOREIRA, 2011), pois, no decorrer deste processo, se faz necessário que o sujeito adquira experiências individuais com o material didático utilizado, e a partir do trabalho colaborativo, um desenvolvimento cognitivo mais eficiente.

Numa perspectiva educacional, a aprendizagem significativa se dá quando o estudante compreende o conteúdo ou um procedimento, a partir dos conhecimentos prévios (AUSUBEL, 1982), cabendo ao professor identificar estes saberes, mediado pelo diálogo e interação, onde o discente dialoga com o que aprende e o que ele já conhece, na estrutura cognitiva.

Buscando um melhor entendimento sobre o uso do simulador *PhET*, esse estudo partiu do seguinte problema: De que modo o uso do simulador *PhET* nos conteúdos de Força e Movimento pode contribuir para a aprendizagem significativa?

O objetivo geral dessa pesquisa consistiu em investigar o uso do simulador computacional *PhET* nos conteúdos de Força e Movimento como material didático na contribuição para a aprendizagem significativa.

Os objetivos específicos desse trabalho foram: caracterizar o simulador computacional *PhET*; analisar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos conteúdos Força e Movimento; verificar as possíveis contribuições do simulador computacional *PhET* para a aprendizagem significativa dos estudantes; construir um roteiro de atividades para os docentes de Física enquanto proposta de sequência didática para uso do *PhET*, trabalhando os conteúdos de Força e Movimento na perspectiva da aprendizagem significativa.

A presente proposta apresentou uma abordagem qualitativa (FLIK, 2009; LAKATOS; MARCONI, 2002). Para a coleta de dados foram utilizados questionários eletrônicos do Google *Forms*, composto questões abertas e fechadas. Para os registros das observações dos estudantes durante os encontros síncronos se utilizou um diário eletrônico desta mesma plataforma digital. Para a análise dos resultados, utilizamos a análise de conteúdo (BARDIN, 2011). A devolutiva dos questionários, *corpus* de trabalho, ganhou significado pelo pesquisador, objetivando uma melhor interpretação das variáveis estudadas.

O trabalho foi realizado em uma escola pública da rede estadual de ensino no município de Pilar/AL, em uma turma do 1º ano do Ensino Médio. A turma é composta por 12 (doze) estudantes, na faixa etária entre 14 e 16 anos. Foi proposto aos estudantes, aulas síncronas mediadas pelo Google *Meet* e pela plataforma de simulação *PhET*, a partir da experimentação, onde foi possível coletar os dados que possibilitaram vislumbrar o problema desta pesquisa.

Dividimos este estudo em 4 seções. Na seção 1 foi abordada a introdução. Na seção 2, tratou-se da fundamentação teórica da pesquisa. Nesta seção discutimos o Ensino de Física, A

experimentação no Ensino de Ciências, dando um enfoque para o contexto da Física, tratamos dos conceitos de Força e Movimento, retratamos as indagações acerca do uso das tecnologias no contexto educacional, definimos o simulador *PhET* e, por fim, tratamos dos conceitos inerentes a aprendizagem significativa à luz da teoria de Ausubel. Na seção 3 discutimos sobre os fundamentos metodológicos do trabalho, demonstrando os aportes teóricos para a abordagem e o tipo de pesquisa; o *locus*, os sujeitos e a coleta dos dados e, por fim, na seção 4 tratamos da análise e discussão dos resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão abordados os pressupostos teóricos em que o trabalho se fundamenta. O intuito é delimitar um grupo teórico para que possamos nortear as discussões e análises a partir dessas concepções, frente aos resultados então obtidos nos questionários e a intervenção do *software* educacional⁴ *PhET* enquanto estratégia didática em sala de aula.

2.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA E O SIMULADOR *PhET*

O Ensino de Ciências no Brasil, em particular, o de Física, vem passando por constantes transformações, principalmente diante das mudanças contemporâneas em que a sociedade está inserida. Perante essa dinâmica, entende-se que o Ensino de Física precisa buscar novas perspectivas, partindo de uma efetiva reorganização curricular e metodológica no Ensino Médio, principalmente. Mesmo que estas alterações sejam implementadas, faz-se necessário romper os paradigmas de uma disciplina que em que muitas vezes o ensino é norteadado pela memorização de equações matemáticas e resolução de listas de exercícios. Desta forma, é oportuno pensar em estratégias didáticas que permitam um ensino instigante e colaborativo, vinculando os conceitos abordados em sala de aula ao que se vivencia em seu cotidiano, promovendo a formação de sujeitos críticos e reflexivos. Neste contexto, a educação, de maneira geral, pode ser entendida como o processo pelo qual são transmitidos aos indivíduos saberes e atitudes que permitam que eles tenham condições de serem inseridos na sociedade (SAVIANI, 1996), à luz de suas concepções então construídas nas relações de ensino e de aprendizagem.

Possibilitar o uso de estratégias didáticas que permitam o incremento das TIC pode colaborar para o processo de aprendizagem, entendendo que os estudantes utilizam estes artefatos tecnológicos em seu contexto cotidiano. Nesta perspectiva, Moreira (2000) destaca que as principais iniciativas curriculares para o Ensino de Física, no Ensino Médio, foram à física no cotidiano, experimentação por meio de materiais de baixo custo e fácil acesso, tecnologia e sociedade, e ultimamente as novas tecnologias.

Os conteúdos curriculares abordados na disciplina de Física, em sua maioria, têm sido tratados a partir de práticas que pouco contempla a realidade do estudante, colocando o professor como um transmissor de conteúdos e o discente enquanto sujeito receptor, passivo e que não contribui efetivamente para sua aprendizagem. Segundo Freire (2011), para que se evidencie a

⁴ *Software* educacional são todos os produtos digitais que visam a ensinar um tema específico ao usuário de qualquer nível e facilitar o processo de aprendizado.

aprendizagem é necessário o ensino, bem como para que exista o ensino é preciso que haja aprendizagem. Para o autor, o ato de ensinar também terá como consequência a aprendizagem. Desta forma, para que aconteça a aprendizagem é preciso reconhecer o estudante como sujeito integrante desse processo, sendo ele mesmo protagonista da sua aprendizagem (DELIZOICOV *et al.*, 2009), tendo como pressupostos suas ações, entendendo o conhecimento como algo intrínseco.

Alguns dos problemas que interferem no Sistema de Ensino no Brasil, de modo particular o Ensino de Física, têm sido identificados há algum tempo, instigando pesquisadores e estudiosos a buscarem as razões e consequências para esta problemática. Os encaminhamentos de possíveis soluções vereda numa perspectiva de educação colaborativa, com a participação plena da comunidade escolar e de práticas que permitam correlacionar os conteúdos curriculares então vistos em sala de aula com o cotidiano social dos estudantes.

Partindo dos pressupostos de que a Ciência possui características peculiares na forma como é abordada, teremos um consenso de que esta se apresenta como algo cultural, com características próprias (VOGT, 2006; SASSERON, 2015).

Buscando desenvolver uma concepção mais ampla acerca da cultura científica, além daquela permeada pelo ambiente dos cientistas (VOGT, 2006), busca acrescentar no contexto educacional os aspectos da economia, da política, dentre outros. Ainda segundo esse autor:

[...] a expressão cultura científica tem a vantagem de englobar paradigmas sociais e conter ainda, em seu campo de significações, a ideia de que o processo que envolve o desenvolvimento científico é um processo cultural, quer seja ele considerado do ponto de vista de sua produção, de sua difusão entre pares ou na dinâmica social do ensino e da educação, ou ainda, do ponto de vista de sua divulgação em sociedade, como todo, para o estabelecimento das relações críticas necessárias entre o cidadão e os valores culturais de seu tempo e de sua história (VOGT, 2006, p. 25).

Essas mudanças no cenário educacional têm como objetivo uma formação cidadã fundamentada no conhecimento científico. Desta forma, para que a sociedade desenvolva estes saberes se faz necessária uma proposta de educação que possibilite a promoção da cultura, através de práticas educacionais que envolvam tanto os componentes curriculares da disciplina, como também que estes conhecimentos se relacionem com o mundo.

Acredita-se então, num trabalho interdisciplinar, baseado na complexidade, de forma que os conteúdos se entrelacem contribuindo para a formação de sujeitos cientificamente críticos, que possam desenvolver suas habilidades e competências dentro do contexto social, onde os processos de ensino e de aprendizagem sejam norteados pela investigação numa perspectiva da observação. Neste contexto, a prática de demonstração, ou simplesmente atividade experimental,

se mostra oportuna, pois, permite aos estudantes a observação e uso de evidências, fundamental para o estabelecimento de conclusões e criação das explicações científicas.

2.1.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

O Ensino de Física traz novas perspectivas ao ponto em que novos profissionais e metodologias de ensino ingressam na área de Ciências, acrescentando-se a este campo do conhecimento práticas que possibilitem a melhoria na aprendizagem dos estudantes. No Ensino de Física, podemos destacar algumas dificuldades do estudante em estabelecer conectivos entre os conceitos teóricos vistos em sala de aula com os eventos naturais que os rodeiam. Considerando que a teoria é estabelecida a partir de conceitos que são abstrações da realidade (SERAFIM, 2001), desta forma, aquele estudante que não reconhece o conhecimento científico em situações presentes em seu contexto social, possivelmente não se apropriou da compreensão teórica.

Propondo-se viabilizar as interações conceituais e práticas dentro do ambiente escolar, algumas práticas de ensino vêm sendo bastante difundida nos últimos anos, a partir de discussões entre professores, pesquisadores e demais membros da sociedade com interesse nesta temática. O uso das atividades de demonstração é considerado por muitos professores e pesquisadores como indispensável para o bom desenvolvimento do Ensino de Física. Para Reis (2013), a atividade experimental em sala de aula é um método que contribui para o Ensino de Física, pois possibilita a construção dialógica do conhecimento, tanto entre o estudante e o professor, como também entre os próprios discentes.

Nota-se, que a experimentação exerce um importante papel no processo de aprendizagem, possibilitando que os estudantes também dialoguem entre si a partir da observação, do questionamento e de conclusões colaborativas acerca dos fenômenos naturais. Neste contexto, Freire (1997) destaca que para uma compreensão dos conceitos teóricos é interessante vivenciar experimentalmente estes conceitos. A realização de experimentos na disciplina de Física se caracteriza como um interessante instrumento para que o estudante possa observar os fenômenos naturais, associando-os aos respectivos componentes curriculares, relacionando teoria e prática de forma indissociável.

As atividades de demonstração nas aulas de Física mostram-se bastante reflexivas, não apenas por despertar nos estudantes o interesse pela Ciência, mais também por colocá-lo na condição de protagonista. O conhecimento socializado em sala de aula, em muitas situações parte da perspectiva do professor que, por vezes entende o conhecimento científico como algo

acabado, indiscutível ou inquestionável. Para Gaspar e Monteiro (2005), o uso das atividades de demonstração nos processos de ensino e de aprendizagem, possibilita também uma maior motivação nos estudantes, permitindo que os mesmos tenham um maior interesse pelas temáticas curriculares de Física então abordadas em sala de aula.

É importante que o professor insira em sua atividade docente atividades experimentais, que possibilite aos estudantes uma aprendizagem colaborativa e permeada pela investigação, dando significado para a aprendizagem. Acerca desta Pedagogia de cooperação ou colaboração, Torres (2002), descreve que o estudante é o próprio gestor de seu processo de aprendizagem, coparticipando também na aprendizagem de seus pares, pois, “a aprendizagem cooperativa é uma atividade de aprendizagem em grupo, organizada de maneira que a aprendizagem seja dependente da troca de informações socialmente estruturada que se efetua entre os alunos do grupo” (TORRES, 2002, p.1).

Esta proposta deve ser assumida não apenas na elaboração de experimentos, mais também em toda sua atividade de ensino. Nesta perspectiva, Laburú, Barros e Kanbach (2007, p. 308) relatam que:

O fracasso em promover atividades experimentais não lhes é imputável, mas, sim, aos meios ou aos fatores externos. Os seus fundamentos arraigam-se numa experiência profissional habitual, interpretada à luz de princípios que visam preservar, validar e legitimar a prática diária de grande parte do corpo docente. Trata-se de uma postura e de um significado que se dá à profissão. Frente a isso, é inútil argumentar termo a termo; a crítica dirige-se ao modo próprio de ler o entorno e, com isso, interpretar a experiência cotidiana.

O êxito da atividade de ensino e a conseqüente promoção nos processos de aprendizagem não devem estar unicamente relacionados ao exercício da docência, tendo em vista que outros fatores também estão envolvidos nestes movimentos. Contudo, se faz necessário corroborar com esta atividade diária, propondo meios didáticos que viabilizem a melhoria na qualidade do que está sendo exposto em sala de aula, com práticas que possibilitem o conhecimento científico à luz da do saber teórico e prático.

Durante as atividades de demonstração experimental o professor também adquire conhecimento, entendendo as relações de ensino e de aprendizagem como um processo dinâmico que se norteia a partir de uma perspectiva dialógica, onde os saberes podem ser compartilhados entre os pares saberes, permitindo a avaliação e busca pela melhoria da prática docente. A experimentação acrescenta elementos específicos que facilitam o reconhecimento dos componentes curriculares (VILLANI; NASCIMENTO, 2003), possibilitando inferências e

argumentos, oportunos e contextualizados entre os estudantes e o docente, aproximando-os do contexto científico, por meio das observações e questionamentos propostos no ambiente escolar.

O incentivo a estas atividades didáticas experimentais estão previstas na lei 9.394 de 1996, Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), em seu artigo 36, onde a partir do currículo do Ensino Médio o professor adotará providências no sentido de destacar a educação tecnológica básica e a compreensão do significado da Ciência (BRASIL, 1996). Desta forma, as atividades de experimentação devem atuar no sentido da promoção do conhecimento permeando-se dentro de um contexto onde possam ser utilizadas as novas tecnologias.

A atividade experimental em sala de aula não deve apenas ter uma óptica relativa à questão do interesse do estudante, mas também, promover um sentido para o que está sendo estudado, deixando claro qual o objetivo proposto e, a partir disso, desenvolver métodos para avaliação da aprendizagem. É importante ressaltar, que as práticas de experimentação nem sempre são possíveis de serem realizadas pelos professores, principalmente pelo fato de que muitas escolas não dispõem de laboratórios ou espaços adequados para estes fins. Para Laburú (2007), grande parte dos professores justifica a não realização dessas atividades em função da carência e inadequação nas condições de infraestrutura física e material, como também na reduzida carga horária na disciplina de Física no Ensino Médio.

Todavia, no Ensino de Física deve-se considerar todo o processo investigativo no qual o estudante está envolvido, oportunizando a construção de conceitos científicos (BATISTA, 2009), admitindo a complexidade desse processo, exigindo que o trabalho investigativo discente assuma diferentes vertentes, desencadeando múltiplas ações cognitivas. Nesta perspectiva, o uso das TIC pode contribuir para a efetivação das práticas de demonstração na disciplina de Física, mediadas por plataformas digitais de simulação e outros artefatos tecnológicos.

2.1.1 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E DA COMUNICAÇÃO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO

Atualmente a sociedade vem sendo influenciada pelo uso crescente das tecnologias, mostrando necessárias adaptações dos indivíduos frente a este novo contexto, com a mesma tendência em que a informação e comunicação acontecem. A inserção destes recursos tecnológicos nos espaços escolares vem ganhando espaço, principalmente por suas adaptações aos processos didáticos e pedagógicos. Acrescentar o uso das TIC em sala de aula requer como toda atividade de ensino e de aprendizagem um planejamento buscando de adequar ao contexto social e escolar do estudante. Se valendo das concepções acerca dessas tecnologias, se propõe

que a escola desenvolva meios didáticos que promovam uma prática docente colaborativa, onde os estudantes possam refletir sobre as relações entre o conhecimento científico permeado pelo uso destes artefatos tecnológicos.

Desta forma, Moran (2000, p. 63) relata que, “ensinar com as novas mídias será uma revolução se mudarmos simultaneamente os paradigmas convencionais do ensino, que mantêm distantes professores e alunos. Caso contrário, conseguiremos dar um verniz de modernidade, sem mexer no essencial”. A necessidade do uso das TIC, nos espaços de educação formal, propõe a incorporação de estratégias didáticas e possíveis modificações nos projetos pedagógicos das Unidades de Ensino, permitindo que o professor se utilize do potencial didático presente nestas tecnologias, a partir da formalização dos instrumentos educacionais inseridos na matriz curricular, entendendo que as tecnologias estão presentes no contexto da sociedade contemporânea. Acerca da inserção das tecnologias na educação, Mercado (1999, p. 48), discute que:

As habilidades e as competências para incluir, nos currículos escolares, as novas tecnologias são hoje uma exigência da própria sociedade. A educação, por sua vez, não pode ficar à margem, sabendo que o resultado nos favorece uma melhor organização em todos os aspectos, desde o trabalho aos saberes.

Para o autor, a proposta de incluir nas atividades curriculares de ensino as novas tecnologias, permite complementar através da prática docente um caráter autônomo e investigativo e que possa inferir no processo de aprendizagem.

As TIC ampliam as possibilidades de ensino e conseqüentemente do estudante se inserir em novas perspectivas de aprendizagem. Quando utilizadas de forma adequada, essas tecnologias contribuem para o processo educacional. Contudo, os artefatos tecnológicos, por si só, não devem ser considerados como o aspecto mais relevante no ambiente educacional (MORAES, 2000), mas também, que a partir destes instrumentos, sejam criados novos espaços de aprendizagem, associando o ensino às novas perspectivas sociais. Alinhado as tendências tecnológicas educacionais, Gadotti (2000, p. 73), relata que:

Na sociedade da informação, a escola deve servir de bússola para navegar nesse mar do conhecimento, superando a visão utilitarista de só oferecer informações “úteis” à competitividade, para obter resultado. Deve oferecer uma formação geral na direção de uma educação integral. Significa orientar criticamente, sobretudo as crianças e os jovens, na busca de informações que os façam crescer, e não embrutecer.

Desta forma, a escola deve assumir seu papel social, ensinando, aprendendo, refletindo e atuando na formação de sujeitos críticos e reflexivos, guiada pelas conjunturas da sociedade

contemporânea, permeada pelo uso das TIC, desenvolvendo um trabalho autônomo e colaborativo que permita uma educação integral.

Buscando mediar às relações de ensino e aprendizagem dentro desse novo cenário, os atores então envolvidos vêm trabalhando no sentido de promover novas perspectivas metodológicas, tendo como objetivo colaborar com a formação discente, integrando-os em uma sociedade influenciada pelas novas tecnologias. Assim sendo, percebe-se que o intuito da escola é de colaborar com estas novas práticas, permitindo que professores e estudantes tenham acesso aos recursos necessários para a promoção dessas novas tendências educacionais. Segundo Ferreira (2014, p. 15):

Essas novas tecnologias trouxeram grande impacto sobre a educação, criando novas formas de aprendizado, disseminação do conhecimento e especialmente, novas relações entre professor e aluno. Assim sendo, as escolas não podem permanecer alheias ao processo de desenvolvimento tecnológico ou à nova realidade, sob pena de perder-se em meio a todo este processo de reestruturação educacional.

A inserção das TIC na educação traz reflexões acerca do contexto formativo para construção do conhecimento, entendendo as novas maneiras de interação entre professores e estudantes dentro dos espaços de educação formal, a partir do uso estas tecnologias educacionais contemporâneas.

Socialmente a escola também pode ser entendida como o espaço onde o conhecimento científico é desenvolvido e compartilhado, eximindo, em alguns casos, os saberes prévios dos estudantes, bem como as inferências informais presentes na construção do seu conhecimento. Acerca destas concepções, Kenski (2010, p.29), indica que “tradicionalmente, a aprendizagem de informações e conceitos era tarefa exclusiva da escola”. Para a autora, o cenário atual das tecnologias ampliou esses horizontes, pois, “a possibilidade de acesso generalizado às tecnologias eletrônicas de comunicação e informação trouxe novas formas de viver, de trabalhar e de se organizar socialmente” (KENSKI, 2010, p.29).

O uso de *tablets*, *smartphones* e computadores, vêm sendo evidenciados com maior frequência pela sociedade, divergindo, em muitas situações, dos espaços de educação formal, enquanto estratégia de ensino, configurando como uma imersão da sociedade nos avanços tecnológicos. À medida que a sociedade se organiza, a utilização das TIC se mostra mais comum enquanto aporte na transmissão do conhecimento, como menciona Kenski (2013, p. 27):

As tecnologias digitais introduzem uma nova dinâmica na compreensão das relações com o tempo e o espaço. A velocidade das alterações, que ocorrem em todas as

instâncias do conhecimento e que se apresentam com o permanente oferecimento de inovações, desequilibra a previsibilidade do tempo do relógio e da produção em série.

As TIC, potencializada pelo acesso à internet, permite que os estudantes possam trilhar diversos caminhos na busca pelo conhecimento, onde os componentes curriculares também possam ser mediados por estas tecnologias por meio das atividades de ensino, planejando e adaptando-as aos diversos contextos educacionais. Para Oliveira (2012), a possibilidade de se ensinar utilizando-se apenas de aulas expositivas, através do quadro e do livro didático é algo para se repensar, entendendo que atualmente os estudantes estão inseridos dentro de uma sociedade norteada pelas novas tecnologias, necessitando que esses materiais didáticos sejam acrescidos de outros instrumentos didáticos. Estas indagações nos evidenciam sobre a necessidade na mudança de paradigmas nas práticas de ensino, em que os professores possam estar inseridos às novas conjecturas educacionais, onde possam configurar aos estudantes competências e habilidades capazes de promover uma melhor compreensão do conhecimento científico.

Dentre as TIC, o *smartphone* apresenta-se como um interessante instrumento para acesso as novas estratégias de ensino, contribuindo na melhoria da atividade docente, além de proporcionar aos estudantes discussões dialógicas, a partir da interação com seus pares, fazendo da aprendizagem um processo prazeroso e instigante. Recentemente esta mídia digital vem ganhando vários adeptos, nos mais diferentes nichos sociais, entendendo sua popularização e contribuições enquanto recurso tecnológico.

Constituído em diversos recursos, a partir das visões de (MORAN, 2000), o computador nos permite as mais diversas aplicações, sejam através de pesquisas, produções de textos, experiências, simulações e até mesmo testagem de um determinado conhecimento. Para Moran (2000, p. 44), “as possibilidades vão desde seguir algo pronto (tutorial), apoiar-se em algo semidesenhado para complementá-lo até criar algo diferente, sozinho ou com outros”.

A inserção dessas tecnologias no Ensino de Ciências, em especial a Física, tem como finalidade melhorar a prática de ensino, possibilitando ganhos pedagógicos no sentido de interação entre o professor e o estudante, e principalmente na perspectiva de novas relações de aprendizagem estabelecidas entre os estudantes, fazendo uso de recursos que estas tecnologias disponibilizam, agregados a outros instrumentos já utilizados pelo professor. Acerca dessas interações no ambiente escolar, Moran (2000, p. 56), lembra que: “haverá uma integração maior das tecnologias e das metodologias de trabalhar com o oral, a escrita e o audiovisual”. Estas tecnologias devem ser complementadas com as práticas de ensino já vistas em sala de aula,

potencializando-as e permitindo que o saber possa ser construído dentro de um contexto colaborativo.

A utilização das TIC no contexto educacional, associadas à experimentação, vem sendo bastante utilizada nos espaços de educação formal, tendo o *smartphone* como um dos principais instrumentos tecnológicos, admitindo sua capacidade estrutural para o desenvolvimento de simulações de eventos naturais nas disciplinas de Ciências enquanto material didático. Diante disto, os *smartphones* podem ser considerados como uma importante ferramenta de auxílio no Ensino de Física, por meio de suas mais variadas possibilidades de aplicação.

2.1.2 SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

O Ensino da Física no Brasil, principalmente na Educação Básica, apresenta historicamente algumas dificuldades, tanto na atividade docente, como também no contexto da aprendizagem dos estudantes, muitas vezes pautadas unicamente pela resolução de exercícios sob uma abordagem majoritariamente matemática. Uma das possíveis razões para estas evidências perpassa pela forma como este componente curricular é retratado didaticamente dentro da sala de aula. É importante ressaltar, que na disciplina de Física são utilizados métodos e materiais que, muitas vezes, estão inacessíveis aos sentidos humanos, como forças atuando sobre um determinado corpo, movimentos de partículas e outros processos cuja complexidade pode influenciar no desinteresse do estudante pelo conhecimento científico.

Na busca por estratégias que visem minimizar esta problemática, o professor tem frequentemente utilizado recursos que busque aproximar a abordagem teórica do concreto, adotando as imagens como um complemento, a partir da arguição, das descrições e da linguagem matemática. Nesta perspectiva, os livros didáticos de Física têm recorrido, crescentemente, ao uso de uma crescente quantidade de ilustrações, muitas destas associando fenômenos naturais dinâmicos. A dificuldade, porém, de representar movimentos e processos através de gravuras estáticas é algo que não deve ser subestimado, já que este procedimento demonstra viabilidade quando desenvolvido conjuntamente com outros materiais didáticos.

Buscando melhorar a atividade de ensino na disciplina de Física, alguns professores também se utilizam de demonstrações ilustrativas no quadro branco e gestos corporais, na busca de representar um determinado fenômeno. A procura por materiais didáticos mais eficientes para o ensino de Física nos leva numa perspectiva acerca uso das novas tecnologias educacionais. Neste contexto, Santos, Santos e Fraga (2002, p. 186-187), esta busca deve ser permeada no sentido do

Desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada em experimentos da Física real podendo ser considerada como uma solução para suprir esta demanda. Tal sistema seria uma ferramenta complementar para o estudo da Física, desde que através dele possa esclarecer e reforçar o conhecimento teórico da Física.

Para os autores, a experimentação no Ensino de Física pode ser mediada por artefatos tecnológicos, contribuindo assim para uma melhor interpretação dos eventos naturais então abordados em sala de aula. As novas tecnologias, principalmente as digitais, vêm influenciando de modo significativo na forma como os indivíduos aprendem e se relacionam, tornando-se cada vez mais acessível e bastante incorporada ao contexto escolar.

Essas novas tecnologias, principalmente os *smartphones*, podem ser inseridas nos processos de ensino e de aprendizagem dos conteúdos curriculares de Física, sendo trabalhado pelo professor a partir de suas potencialidades, fazendo que seja “possível simular, praticar ou vivenciar situações, podendo até sugerir conjecturas abstratas, fundamentais a compreensão de um conhecimento ou modelo de conhecimento que se está construindo” (BORGES, 1999, p.136). A simulação computacional pode ser definida como sendo o emprego de técnicas matemáticas em computadores na busca por tentar imitar um processo ou fenômeno então evidenciado na realidade. Dentro da simulação podemos ter a animação, um pouco mais complexa, tendo em vista que permite ao estudante não apenas manipular o fenômeno, mais também alterar as grandezas físicas envolvidas.

Para Cavalcanti (2006), essas tecnologias trazem consigo um interessante potencial em suas aplicações, principalmente no que se refere aos programas de simulação computacional, demonstrando conceitos e fenômenos que dificilmente poderiam ser realizados em laboratórios didáticos escolares. Valente (1999) aborda que é necessário atentar-se as circunstâncias de que em situações reais as observações e interpretações dos resultados são relativamente mais complexas, já que os simuladores são representações que vislumbram modelos restritos e razoáveis quando comparados com representações da natureza.

Todavia, a simulação permite que os estudantes observem fenômenos que necessitariam de um maior tempo para que pudessem ser realizados, possibilitando, ainda, que os experimentos possam ser refeitos, nas situações onde não se tenha a compreensão de alguma etapa da demonstração. Assim, as simulações computacionais podem ser concebidas como um interessante material didático para o Ensino de Física, colocando à disposição do professor recursos que favorecem a prática do ensino. É importante ressaltar que os laboratórios virtuais não devem ser utilizados plenamente em substituição às atividades práticas, entendendo as particularidades e o contexto nas Unidades de Ensino. Espera-se que a simulação computacional

possa colaborar no sentido de minimizar a carência que os estudantes têm em atividades experimentais na disciplina de Física.

Esses instrumentos digitais propiciam condições para que os estudantes atuem ativamente no processo formativo de aprendizagem, comumente limitado pelo uso do livro didático. Segundo Miranda e Bechara (2004), as simulações podem contribuir no desenvolvimento da capacidade de entender conceitos abstratos da Física, permitindo que o estudante investigue a realidade a partir das relações de causa e consequência. Esses processos permitem que Sistemas físicos com determinado nível de abstração sejam manipulados virtualmente pelo estudante. Todavia, é importante compreendermos que a abstração faz parte da conjectura nas relações de ensino e aprendizagem, pois, mostrando-se interessante retratar esta temática nas atividades experimentais a partir do uso das simulações computacionais. Obviamente que as simulações computacionais são construídas a partir de modelos evidenciados na realidade, inserindo conceitos matemáticos para que sejam processados pelos sistemas computacionais no intuito de demonstrar uma realidade virtual, não sendo, esta forma, possível protagonizar plenamente os fenômenos virtuais da situação real.

Todavia, entende-se que estes simuladores apresentam características propícias para serem utilizados como material didático nas aulas de Física por sua facilidade de utilização. Para Xavier, Xavier e Montse (2003) esses Objetos Virtuais de Aprendizagem podem ser executados diretamente de uma página da *web*, tendo seus dados manipulados e controlados pelos aprendizes, facilitando a interação. Dentre os variados simuladores computacionais educacionais disponíveis gratuitamente, o *PhET* se caracteriza como sendo um daqueles com considerável quantitativo de adeptos.

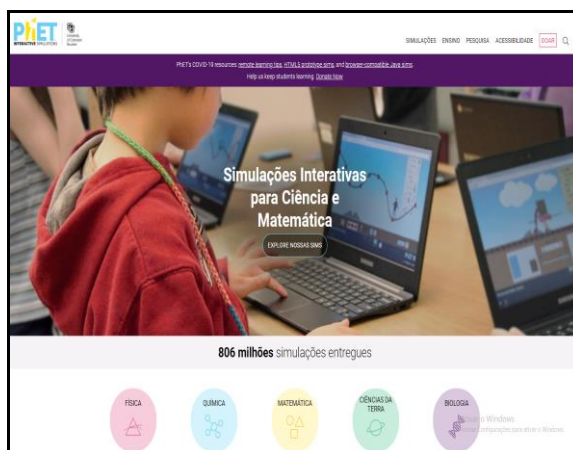
2.1.3 – SIMULADOR COMPUTACIONAL *PHET*

As simulações computacionais com fins educacionais se apresentam em vários contextos e condições para que possam ser executadas. Dentre estas tecnologias digitais, temos o Simulador *PhET* (*Physics Education Technology*), desenvolvido pela Universidade do Colorado, nos Estados Unidos da América.

Este repositório contém simulações interativas para as disciplinas de Biologia, Ciência da Terra, Física e Matemática, podendo ser utilizadas como proposta de ensino, na busca por uma aprendizagem colaborativa, entendendo que estas experimentações virtuais podem ser manipuladas por professores e estudantes, motivando-os na busca pelo conhecimento científico.

A Figura 1 traz a página inicial da plataforma *PhET* e as respectivas áreas do conhecimento em que as simulações podem ser realizadas.

Figura 1 – Página inicial da plataforma de simulação *PhET*



Fonte: phet.colorado.edu/pt.BR

Nesta plataforma virtual as simulações podem ser executadas diretamente no navegador da *web*, sendo disponibilizada gratuitamente por meio do seu endereço eletrônico (https://phet.colorado.edu/pt_BR/)⁵.

Uma das grandes vantagens na utilização do *PhET* refere-se ao fato de que o mesmo é acessível, sem necessidade de instalação de programas ou recursos tecnológicos avançados ou restritamente específicos. Outra característica interessante desta plataforma de simulação é que todos os experimentos podem ser trabalhados diretamente na página principal do *site*, possibilitando ainda, a realização do download. Conforme descreve (ARANTES, MIRANDA E STUDART, 2010), o grupo do *PhET* se norteia por uma abordagem fundamentada em estudos prévios, planejando e avaliando as simulações, para que então possam ser disponibilizados em seu sítio eletrônico.

As simulações do *PhET* são intuitivas e proporcionam em seus usuários a interação e discussões colaborativas, permitindo que os fenômenos em estudo possam ser deduzidos de forma prática e ilustrativa. Segundo Soares (2015), o *PhET* foi desenvolvido pedagogicamente dentro de um contexto que permite aos usuários uma melhor compreensão dos eventos naturais, as simulações do *PhET* permite observações com difícil percepção na natureza, podendo ser representadas através de gráficos e representações matemáticas. Ainda segundo o autor, as

⁵ Endereço eletrônico da plataforma PhET com o idioma em português.

simulações podem ser potencializadas a partir de uma abordagem quantitativa, pois oferecem instrumentos de medição, como réguas, cronômetros, velocímetro, dentre outros.

Assim, ao ponto em que o estudante faz uso dessas ferramentas interativas, as devolutivas são imediatas, sob forma de animação ilustrada, caracterizando na experimentação as relações de causa e efeito, respondendo aos questionamentos científicos a partir da simulação (*PhET*, 2020). As experiências disponíveis no *PhET* são fundamentadas em conceitos e abordagens teóricas, sendo revisadas periodicamente, na busca pela uma relação de fidedignidade entre a experimentação e estes aportes teóricos.

Contudo, percebe-se que o uso do Simulador *PhET* pode auxiliar o professor em sala de aula, contribuindo principalmente na Educação Básica, entendendo que a grande maioria das instituições de ensino não têm laboratórios de Ciências, necessitando do uso de experimentos para fundamentar e aperfeiçoar suas práticas de ensino, possibilitando atribuir sentido aos conceitos presentes nos fenômenos da natureza, dentre estes os eventos físicos, relacionando-os com o contexto social dos estudantes, melhorando a qualidade da aprendizagem na disciplina de Física a partir dos recursos digitais disponíveis.

2.1.4 - SIMULADOR PHET NO ENSINO DE FÍSICA

Com o avanço das novas tecnologias, principalmente aquelas com forte tendência para o uso educacional, as unidades de ensino vêm tendo a possibilidade de viabilizar algumas práticas pedagógicas antes inacessíveis, tanto para o Ensino de Ciências como também dos demais componentes curriculares. Nota-se então, que o Ensino de Física não deve estar restritamente relacionado ao livro didático e a arguição do professor, entendendo a necessidade dos estudantes vivenciarem estas práticas de ensino dentro de uma perspectiva conceitual e teórica, por meio das atividades experimentais.

Neste contexto, algumas ações vêm sendo adotadas, utilizando-se do laboratório de Ciências enquanto recuso didático. Contudo, acerca do uso desses ambientes, (ROSA; ROSA, 2004, p.1) alertam que “é necessário, entretanto, que a utilização do laboratório na ação pedagógica seja feita de maneira consciente e que contribua para o processo de formação dos indivíduos, não se tornando mais uma ação ineficiente no processo educativo”. Ainda segundo os autores, a utilização de laboratórios didáticos para fins de experimentação, não deve ser vista isoladamente enquanto estratégia de ensino, as mesmas precisam ser planejadas e articuladas com outras metodologias, para que os objetivos então propostos sejam alcançados.

A interação entre as diferentes atividades práticas dentro da sala de aula caminha no sentido de potencializar as estratégias no Ensino de Física, mediada pelo uso das TIC, possibilitando uma maior interação e autonomia nos processos de aprendizagem entre os estudantes. Acerca destes procedimentos didáticos, Barbeta (1996, p. 2) descreve que:

Um modo de tornar o laboratório mais motivador é, sem dúvida, através da utilização da informática. Hoje em dia, o computador é mais um elemento da vida diária dos jovens estudantes, assim como é a televisão, o aparelho de som ou o forno de microondas. A utilização de simulações no lugar de experimentos reais pode ajudar, e muito, na compreensão de certos fenômenos físicos.

Percebe-se que os laboratórios virtuais podem assumir um interessante papel frente ao Ensino de Física, tendo em vista que os recursos tecnológicos além de estarem em crescente uso na sociedade atual despertam nos estudantes afetividade e interesse. As atividades de simulação no Ensino de Física permitem que professores e estudantes estreitem sua relação durante o processo de construção do saber dentro do ambiente escolar, seja através de uma melhor interpretação dos conceitos então abordados, na manipulação das variáveis presentes nas simulações e até mesmo indicando hipóteses a partir das evidências experimentais.

Acerca destas concepções, Miranda e Bechara (2004), acrescentam ainda o fato de estes artefatos tecnológicos colocarem os estudantes na condição de sujeitos ativos durante os momentos formativos, comumente limitados por uma aprendizagem muitas vezes vinculada apenas ao livro didático. Em alguns casos os conceitos dos conteúdos de Física são interpretados por uma linguagem de difícil entendimento e por tratarem de definições com elevado nível de abstração, dificultando seu entendimento pelos estudantes. Dentro destas perspectivas o simulador *PhET* pode assumir uma característica facilitadora para o entendimento destes componentes curriculares, principalmente pelas questões intuitivas frente as deduções abstratas desta Ciência. Ainda segundo Miranda e Bechara (2004, p. 2):

As simulações podem contribuir no desenvolvimento dessa capacidade de chegar a conceitos abstratos mais gerais da Física, ao permitir que o estudante investigue a realidade do sistema observando-o diretamente, promovendo mudanças nas suas condições específicas, e observando suas conseqüências.

O simulador *PhET* muito tem para colaborar com o Ensino de Física, mediando os conceitos teóricos e práticos sob uma perspectiva da experimentação virtual, fornecendo subsídios por meio da manipulação de dados e variáveis envolvidas nos processos de demonstração, como também criando ambientes para discussões e questionamentos durante os momentos formativos. Esta plataforma de simulações computacionais pode ser bastante útil em

situações onde a experiência prática seja impossível de ser abordada, seja pela ausência de laboratórios físicos ou até mesmo em situações onde a experimentação apresente algum risco para professores e estudantes. Entre os conteúdos curriculares da disciplina de Física, os conceitos de Força e Movimento podem ser bem retratados por meio destas simulações, entendendo a disponibilidade de animação experiencial destes componentes dentro do ambiente de simulações.

2.1.5 – FORÇA E MOVIMENTO

Os conceitos e aplicações referentes aos componentes curriculares de Força e Movimento são bastante comuns em nosso cotidiano, apesar dos mesmos se apresentarem de forma relativamente abstrata, podemos visualizar suas interferências numa perspectiva mais evidente ocasionada por suas consequências, ficando as causas mais sobrepostas ao analisarmos mais precisamente um determinado fenômeno físico.

Muitos estudantes ingressam no Ensino Médio trazendo consigo apenas saberes elementares acerca das Leis de Newton. Para Filho (2010), na grande maioria das situações em que são tratadas essas Leis, os discentes apresentam dificuldades em entender seus principais conceitos e estabelecer relações entre a teoria e as experiências práticas do cotidiano, onde a aprendizagem dos componentes curriculares de Física se baseia na resolução de questões e aplicação de fórmulas matemáticas.

Desta forma, mostra-se oportuno desenvolver meios que viabilizem o uso de estratégias didáticas em sala de aula para a abordagem destes componentes curriculares, onde possam ser acrescidos aos processos de ensino e aprendizagem outros direcionamentos metodológicos, além daqueles meramente matemáticos. Trabalhar as definições de Movimento à Força então aplicada e, representadas apenas de forma dedutiva, pode gerar dificuldade cognitiva e de interpretação nos estudantes, pois, logo eles se defrontam com forças sendo aplicadas, a exemplo da força de atrito, não provocando movimento. Embora exista uma maior tendência em se valorizar outras temáticas da Física, principalmente em razão da tendência das novas tecnologias digitais, (MÁXIMO, 2010) aborda que as Leis de Newton não podem ser consideradas ultrapassadas, pois elas estão inseridas em muitas situações presentes em nosso cotidiano, auxiliando na resolução de questionamentos do nosso mundo macroscópico contemporâneo, subsidiando respostas admissíveis.

Comumente nas abordagens relativas à Mecânica os estudos sobre Força e Movimento são norteados pelas Leis de Newton. Sendo assim, a partir do tratamento dessas Leis, seja de

modo teórico ou prático, a partir da inserção de atividades didáticas interativas permeadas pela simulação virtual, (MORAES; MORAES, 2000) entendem que o estudante se encontra em condições de retratar os problemas envolvendo tais leis quando se deparam com contextos onde possam vivenciar tais grandezas físicas. Estas perspectivas de ensino tem se mostrado eficiente na aprendizagem dos estudantes, já que os mesmos podem estabelecer conectivos entre teoria e prática, caracterizando as inferências de causa e feito nas grandezas físicas de Força e Movimento, dentro de uma perspectiva da Mecânica Newtoniana.

2.1.6 – PRIMEIRA E SEGUNDA LEI DE NEWTON

Aqui estaremos fazendo algumas considerações sobre os principais conceitos que regem os comportamentos relativos à Força e Movimento, dando um enfoque na Primeira e Segunda Lei de Newton. O princípio da inércia, também conhecida como a Primeira Lei de Newton, ainda hoje é um assunto que se mostra complexo para quem estuda física, pois a sua compreensão envolve uma força de difícil percepção, a Força de Atrito⁶. Podemos tomar como exemplo, facilmente perceptível desta lei, os acidentes automobilísticos, lançamento de um objeto e até ao chutar uma bola de futebol. Porém, na atividade docente se faz necessário que o professor esteja atento ao fato do comportamento dos corpos quando submetidos a ações de forças em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), ou seja, com ausência de atrito.

Em nosso cotidiano não é possível visualizarmos essas situações, onde os corpos se deslocam sem necessariamente terem sofrido interferências de alguma força interagindo sobre ele. Neste contexto, a Primeira Lei de Newton pode ser definida como aquela em que na ausência de forças, um corpo em repouso continua em repouso e um corpo em movimento move-se com velocidade constante. É importante considerar que para estas situações a resultante das Forças (\vec{F}_r) que atuam sobre um corpo deve ser nula. Assim, entende-se que a massa de um corpo é diretamente proporcional a sua inércia, ou seja, quanto maior for a massa de um corpo maior será sua inércia, esteja o corpo nos estados de repouso ou de movimento.

A partir do conceito de Cinemática, quando um corpo se move com aceleração nula, seu movimento é retilíneo e uniforme (MRU), pois a resultante das forças que ali atuam é nula. Assim, isto nos direciona para um raciocínio de que o MRU é oriundo da segunda Lei de Newton, entendendo que não existem forças atuando sobre os corpos, com velocidade (\vec{v}) igual a

⁶ Força que atua sobre as superfícies de dois corpos em contato, com sua variação determinada pela Força Normal e o coeficiente de atrito.

zero. A partir desses pressupostos, para a Primeira Lei de Newton, pode-se representar algebricamente a \vec{F}_r , no MRU, por:

$$\vec{F}_r = 0$$

$$\vec{F} = 0 \text{ com } \vec{v} = 0$$

Representada algebricamente a Primeira Lei de Newton, seguimos para a descrição algébrica da Segunda Lei de Newton. Entendendo a Força (\vec{F}) como sendo o resultado do produto entre a Massa constante (m) e a Aceleração (\vec{a}), para os movimentos tidos como acelerados:

$$\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$$

A partir destas descrições, quando a Força resultante (\vec{F}_r) for zero, não teremos a presença da aceleração atuando sobre os corpos de massa constante. Logo, nos casos onde a velocidade se modifique no decorrer do tempo, podemos caracterizar a aceleração como sendo a razão da variação da velocidade (\vec{v}) pela variação de tempo (t). Admitindo o tempo inicial igual à zero, teremos para a variável aceleração a expressão algébrica, em que \vec{a} é constante:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \rightarrow \int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} d\vec{v} = \int \vec{a} dt$$

$$\vec{v} - \vec{v}_0 = \vec{a}t \rightarrow \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Definida a Força (\vec{F}), podemos estabelecer relações entre ela e as demais grandezas físicas vistas anteriormente, a fim de sabermos: a força mínima necessária para que um corpo adquira aceleração, a velocidade de um corpo em razão de sua massa e como a aceleração interfere na velocidade, por exemplo.

Por meio da Segunda Lei de Newton podemos trabalhar a Força Peso (\vec{P}), ou seja, aquela que atua perpendicularmente ao plano do horizonte. Para isso, precisamos definir a Força gravitacional ou aceleração da gravidade (\vec{g}). Tem-se como Força da gravidade a atração que a terra exerce sobre todos os corpos em sua superfície. A Força Peso é resultante dessa interação de atração inserida sobre todos os corpos na superfície da terra. É interessante ressaltar, que a

Força gravitacional varia em cada planeta, podendo ser maior ou menor em relação ao nosso planeta. Assim, têm-se para a força peso:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Neste contexto, acrescenta-se ainda a Força normal (\vec{F}_n), permitindo o equilíbrio entre os corpos sob superfícies horizontais, atuando em determinados momentos de modo contrário a Força peso (\vec{F}_p), adotando a mesma direção e o sentido oposto a esta força. Por fim, temos a Força de atrito (\vec{F}_a), que age de forma contrária à tendência de movimento dos corpos que estão sobre ação de uma força, atuando paralelamente à superfície de contato. É importante ressaltar, que para questões de didática, tratamos aqui o termo *corpo* como tudo aquilo que ocupa lugar no espaço.

O componente curricular de Força e Movimento é introdutoriamente abordado na disciplina de Ciências, em turmas do 9º ano do Ensino Fundamental II. Contudo, estes saberes trazem discussões conceituais mais amplas durante o 1º ano do Ensino Médio, caracterizando separadamente cada grandeza física. Desta forma, é interessante que o professor busque meios didáticos que possibilite um melhor entendimento acerca destas temáticas, apresentando seus conceitos de forma teórica e prática, seja a partir de experimentos, ou mesmo com a utilização de simuladores computacionais, priorizando situações-problemas que tenham alguma relação com a realidade cotidiana dos estudantes, no intuito de viabilizar uma aprendizagem significativa.

2.2 - APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Uma das teorias abordadas neste trabalho se refere à Aprendizagem Significativa. A mesma trata de um processo no qual um novo conhecimento é relacionado a um aspecto relevante, ou seja, que já existe na estrutura cognitiva do indivíduo. Como fundamentação teórica será utilizada a teoria de Ausubel, a partir da visão de Moreira (2011)⁷, tendo como objetivo os entendimentos acerca da estruturação do conhecimento, a partir da organização de conceitos pré-existentes e que atuam como estruturas de ancoradouro e recepção para os novos saberes.

⁷ É feita uma descrição acerca da teoria da Aprendizagem Significativa na visão clássica de David Ausubel, segundo a leitura, ou releitura, do autor.

Segundo a teoria de Ausubel (1982), na aprendizagem significativa há três vantagens essenciais em relação à aprendizagem mecanicista: I- o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo; II- melhora a capacidade de adquirir novos saberes de modo mais fácil, mesmo em situações em que a informação original não for lembrada e III- uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte, ou seja, haverá uma reaprendizagem.

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe (MOREIRA, 2011). Para o autor a descrição substantiva, se refere a não-literal, enquanto que não-arbitrária significa que a intenção não é com qualquer conhecimento prévia, mas uma relação com determinado conhecimento, especificamente relevante e que já exista na estrutura cognitiva do sujeito que agrega o novo saber. Para Ausubel, o conhecimento prévio se caracteriza como sendo uma das variáveis isoladas mais importantes para que o sujeito adquira um novo conhecimento no contexto da Aprendizagem Significativa. Assim, na possibilidade de se separar apenas uma variável dentro do processo de aprendizagem, a que teria maior influência sobre os novos saberes seria a do conhecimento prévio, definido também como subsunçores, já presente na estrutura cognitiva do indivíduo que assimila o conhecimento (MOREIRA, 2011).

Para que ocorra a Aprendizagem Significativa, (MASINI e MOREIRA, 2001) relatam que primeiramente se faz necessário organizar previamente os conceitos, objetivando principalmente superar o limite entre o que o estudante já conhece e o que ele precisa aprender. Acerca de organizadores prévios, Moreira, (2006, p.137) conceitua que:

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Eles podem tanto fornecer “ideias âncora” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem.

A partir das concepções de Ausubel, (MOREIRA, 2006) afirma que o uso de organizadores prévios tem a finalidade de atuar como um ancoradouro momentâneo para um novo conhecimento, possibilitando trilhar ao desenvolvimento de conceitos, entendimentos e proposições relevantes que facilitem a aprendizagem que está por vir. O autor ainda finaliza relatando que a utilização desses organizadores prévios se apresenta como sendo a principal estratégia defendida por Ausubel, para determinadamente manipular a estrutura cognitiva, interferindo positivamente para a Aprendizagem Significativa. Ainda segundo Moreira (2011), para que a aprendizagem significativa seja efetivada são necessárias duas condições: primeiramente que o material utilizado no processo de aprendizagem tenha um potencial

significativo e segundo que o sujeito que estar na condição de aprendiz tenha disposição para aprender.

Na primeira condição, segundo o autor, o material de aprendizagem utilizado deverá ter um significado lógico, ou seja, estes instrumentos devem se relacionar de forma não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva relevante e de modo apropriado, em que o sujeito tenha em sua estrutura cognitiva os organizadores prévios ou âncoras relevantes com o qual esses materiais de aprendizagem possam estabelecer conexões. Nessa perspectiva, o material deve se mostrar relacionável com certos saberes, e o aprendiz deve possuir esses conhecimentos previamente adquiridos para que possa estabelecer as relações de aprendizagem de uma forma que não seja arbitrária e tão pouco literal.

Em relação à segunda condição para uma aprendizagem significativa, possivelmente a mais difícil de ser alcançada, principalmente quando compara a primeira condição, é o fato de que o aprendiz deve querer ou estar disposto a se relacionar com as propostas dos novos conhecimentos, em um contexto não arbitrário e não-literal, com seus conhecimentos previamente adquiridos, caracterizando, assim como a predisposição para se aprender (MOREIRA, 2011).

O processo de aprendizagem não envolve ou apresenta qualquer descoberta provinda restritamente pelo estudante, solicitando-o apenas, que os conteúdos abordados sejam por ele assimilados, podendo ser reproduzido em situações posteriores. Na aprendizagem receptiva significativa, é considerada a atividade com potencial significativo aquela realizada durante o processo de internalização do conhecimento. É importante ressaltar que a tarefa da aprendizagem para estas situações não se mostra potencialmente significativa, como também não se concretiza no processo de internalização em que a aprendizagem se dá no contexto receptivo mecânico.

A aprendizagem por descoberta é norteada principalmente pelo fato de que o assunto abordado com os aprendizes não seja tratado de forma acabada. Nesta forma de aprendizagem os conceitos devem ser descobertos, antes mesmo de serem, ou não, incorporados de forma significativa em sua estrutura cognitiva. Além disso, o assunto trabalhado com os estudantes deve manter suas características socioculturais reais, sem se transformar em um objeto escolar vazio de significado social.

Para Ausubel, Novak e Hanesien (1980), na fase inicial desta forma de aprendizagem se faz necessário que o estudante reagrupe informações, integrando-as a estrutura cognitiva já existente, reorganizando e transformando em uma combinação integrada, de modo que resulte como produto à descoberta de uma relação desconhecida entre meios e fins. Para Moreira e Masini (2005, p. 19), a aprendizagem por descoberta só será significativa “se o conteúdo

descoberto se relacionar a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva”. Na estrutura cognitiva do aprendiz, encontramos os conceitos subsunçores, que são abstrações da experiência do sujeito e organizados de forma hierárquica. Assim, quando esta nova informação se ancora nos subsunçores, ocorre a Aprendizagem Significativa. Entende-se então que para esta forma de aprendizagem seja efetivada, é necessário promover em ações que potencializem a disponibilidade do estudante para a aprendizagem, o que se reflete, por exemplo, no empenho em estabelecer relações entre seus conhecimentos prévios sobre um conteúdo e o que está sendo aprendido sobre o mesmo.

A partir destes pressupostos, acredita-se que a teoria da Aprendizagem Significativa, então advogada por Ausubel, contribua para a utilização dos simuladores computacionais no Ensino de Física, orientando o professor a desenvolver estratégias de ensino mais eficiente, norteado pela disposição do estudante em adquirir novos saberes, possibilitando, sobre tudo, discutir formas significativas para a aprendizagem.

Na próxima seção serão tratados os percursos metodológicos desenvolvidos neste estudo, utilizando dos aportes teóricos para fundamentar as técnicas e instrumentos para análise dos dados.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A partir dos referencias teóricos então descritos, é abordado nessa seção o tipo de pesquisa utilizada; a abordagem; o *locus*; os sujeitos participantes no trabalho e, por fim como se deu a coleta e a análise dos dados.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como do tipo qualitativa, perfazendo o percurso estratégico da pesquisa participante, tendo como instrumento de coleta de dados o questionário e os experimentos realizados por meio do simulador computacional *PhET*, então disponibilizado aos estudantes em aulas remotas, por meio da plataforma *Google meet*.

No contexto educacional a pesquisa participante tem se mostrado bastante utilizada principalmente pelo fato de possibilitar uma reflexão acerca de práticas no ambiente escolar, atuando como “uma estratégia para o desenvolvimento dos professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos” (TRIPP, 2005, p.445). Como toda pesquisa possui suas especificidades, neste trabalho a abordagem que mais se aproxima dos nossos objetivos é a

pesquisa participante. Segundo Peruzzo (2004, p. 12), a pesquisa participante requer a presença constante do observador no ambiente investigado, para que ele possa compartilhar e investigar as atividades do grupo ou do contexto que está sendo estudado de modo consistente e sistematizado, ou seja, ele se envolve nas atividades, além de covivenciar interesses e fatos.

Nesse contexto, o papel metodológico da pesquisa participante consiste em tentar esclarecer de modo eficaz as problemáticas por meio de ações em que os estudantes não participam dos processos planejamento e elaboração da pesquisa. Nesta metodologia a interpretação e a análise são provenientes das intervenções do pesquisador frente aos sujeitos envolvidos no estudo, sendo necessária uma linguagem em que todos possam compreender.

Uma das características da pesquisa participante se evidencia pelo fato de que os estudantes envolvidos na pesquisa não assumem uma tomada de decisão para a prática, ficando este papel direcionado para as ações inferidas pelo professor/pesquisador, dentro de um contexto acolhedor no processo investigativo. Esta aproximação entre o professor e os estudantes à serem investigados possibilita um ambiente de comprometimento, que conseqüentemente também gera alternativas capazes de “colocar o conhecimento social, obtido através de procedimentos científicos, a serviço de alguma forma de ação social transformadora.” (BRANDÃO, 2006, p. 10).

Discutir os dados a partir da experimentação no Ensino de Física mediana pelo simulador computacional *PhET* já pode se caracterizar como um momento de transformação dos sujeitos durante o decorrer da pesquisa. Desvendar os fenômenos implícitos do ato educativo à luz da experimentação mediada por interfaces digitais compreende justamente o processo reflexivo.

Contudo, é importante ressaltar que esse comportamento não deve acontecer de forma aleatória, se faz necessário uma sustentação teórica. Acerca dessas fundamentações, Moran (2000, p. 22) relata que:

As teorias não são objetivas, são subjetivas-objetivas: tratam dados objetivos, mas são construções, sistemas de ideias que se encontram aplicados ao mundo real para se detectar as estruturas invisíveis, uma vez que a ciência se interessa, não pelos fenômenos, o que é trivial, mas pelo que está escondido por trás dos fenômenos.

Assim, para que esta análise contemple a intervenção pedagógica capaz de promover a melhora no desempenho da aprendizagem dos estudantes o professor deverá orientar a pesquisa. Será a partir dessa postura docente na pesquisa que fundamentará a reflexão sobre o ensino, e, por conseguinte sobre a sua prática.

É no simulador *PhET* que a pesquisa efetivamente se evidencia, onde a ação complementar do docente norteia para o que ele busca pesquisar do processo educativo. Porém, em grande parte das situações o professor não tem a noção dos conhecimentos contidos nos dados então coletados, por esta razão a necessidade no protagonismo na pesquisa.

3.2 ABORDAGEM DA PESQUISA

Numa perspectiva da abordagem, a pesquisa pode se nortear por dois caminhos, o de cunho quantitativo, e aquele retratado a partir de uma abordagem qualitativa. Essas duas propostas de abordagem são utilizadas quando se busca obter dados numa perspectiva de se analisar fatos sociais.

Nessa pesquisa, tomamos como referência, enquanto método complementar de uma investigação científica, a abordagem qualitativa (CRESWELL, 2010), com o intuito de analisar os dados e as descrições subjetivas. A partir dos trabalhos de Creswell (2010) nota-se que o método qualitativo se configura por permitir que a coleta de dados seja realizada no ambiente natural dos sujeitos, aqui apresentado como o ambiente escolar formal, direcionando o alvo da pesquisa para a aprendizagem dos sujeitos, a partir das mais variadas fontes de extração de dados, permitindo que o pesquisador analise aquilo que é dito, visualizado e entendido.

Para Marconi e Lakatos (2010), a abordagem qualitativa se trata de uma pesquisa que tem como fundamentação, analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano, configurando em análises mais minuciosas nas investigações, atitudes e tendências de comportamento. Assim, o que percebemos é que a ênfase da pesquisa qualitativa é nos processos e nos significados. Minayo (2008) acrescenta ainda que a pesquisa qualitativa se preocupa com um nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, aborda um universo de significados, crenças, valores e atitudes, configurando para um espaço mais amplo das relações, dos processos e dos fenômenos, não podendo se eximir apenas a aplicação de variáveis.

Nesse trabalho de pesquisa buscou-se interpretar os acontecimentos e entender as relações existentes entre os dados sob o olhar do pesquisador, levando em consideração sua formação e interferências sociais, que podem moldar suas interpretações durante o estudo (CRESWELL, 2010). Dessa forma, entende-se que o material primordial da investigação qualitativa é a palavra que expressa a fala cotidiana, de modo particular entre as relações professor-estudante e as técnicas utilizadas, respondendo a questões particulares presentes nos discursos.

3.3 COMPONENTES CURRICULARES ABORDADOS

O componente curricular Força e Movimento, então abordado nesta pesquisa, foi evidenciado em razão de pertencer aos primeiros conteúdos curriculares trabalhados no 1º ano do Ensino Médio, por compor teoricamente os fundamentos da mecânica newtoniana (1ª e 2ª leis), elementar para o entendimento de temáticas posteriores, mas principalmente porque a grande maioria dos estudantes que ingressam na mencionada etapa educacional apresentam dificuldades em suas definições e aplicação prática.

Segundo Filho (2010) grande parte dos estudantes chega ao Ensino Médio com poucos conhecimentos acerca de conceitos e princípios físicos, dentre estes aqueles relacionados às Leis de Newton. Sob uma concepção genérica, os estudantes sentem dificuldades na compreensão destas definições conceituais, pois didaticamente estão habituados unicamente em memorizar fórmulas e modelos matemáticos. A partir dos estudos das Leis de Newton, atrelar os conhecimentos científicos acerca de Força e Movimento pode colaborar para a melhoria da aprendizagem dos estudantes, permitindo que possam refletir sobre esta temática tanto na escola como nos ambientes externos a sala de aula, gerando discussões e saberes para as etapas educacionais subsequentes, dentro de uma perspectiva teórica e prática.

3.4 LÓCUS DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada em uma Unidade de Ensino da Rede pública Estadual de Educação, localizada no município de Pilar, estado de Alagoas, região metropolitana de Maceió. A escola atende turmas do 1º ao 3º ano do Ensino Médio, nos turnos matutino, vespertino e noturno, neste último, também, com oferta de turmas para Educação de Jovens e Adultos (EJA).

Este espaço de educação formal está inscrita Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) com o número 27039595, possui 600 (seiscentos) estudantes regularmente matriculados, distribuídos em 9 turmas de 1º ano, 6 de 2º ano e 3 turmas para os discentes do 3º ano. Na última avaliação do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), realizada em 2019, a escola conseguiu ultrapassar a meta almejada de 2,9, obtendo a nota 3,5 (BRASIL, 2018). A escola não dispõe de laboratórios para realização de aulas práticas e não possui quadra de esportes para fins de atividades desportivas. Sua estrutura física foi adaptada para que então pudesse funcionar como estabelecimento de ensino. Todos os professores são licenciados nas respectivas disciplinas que lecionam, alguns destes também têm formação em nível de especialização *lato sensu*.

No que se refere ao local da pesquisa, inicialmente, a escolha desta escola se deu pelo fato do pesquisador já ter atuado como docente na instituição, o que torna mais fácil o acesso e a realização dos trabalhos, mesmo as aulas acontecendo de forma remota, e posteriormente por perceber a ausência de laboratórios de Física e atividades experimentais durante as aulas deste componente curricular.

3.5 SUJEITOS ENVOLVIDOS

Essa pesquisa foi realizada com uma turma regular do 1º ano do Ensino Médio, do turno matutino, com faixa etária entre 14 e 18 anos. Na escolha por este público, consideramos o fato destes discentes estarem iniciando a etapa educacional do Ensino Médio, o que possivelmente permitiria uma melhor relação com a disciplina de Física, a partir da implementação de atividades experimentais em sala de aula. O consentimento dos estudantes e seus respectivos responsáveis foi realizado através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – Apêndice A - para os estudantes maiores de idade ou seus responsáveis e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) – Apêndice B - para os estudantes com idade inferior a 18 anos. No que se refere às questões de caráter ético, este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFAL, a partir do parecer número 1.580.932, disponível do Apêndice C.

Os questionários foram aplicados com prévia autorização dos sujeitos. Com a possibilidade dos estudantes participantes da pesquisa sentirem-se tímidos, inibidos, constrangidos ou que não soubessem responder às questões apresentadas pelo pesquisador, poderiam quebrar o sigilo da pesquisa e até mesmo considerar que estão “perdendo” seu tempo, não evidenciando assim os objetivos do estudo. Prevendo estes riscos, o pesquisador inicialmente fez o esclarecimento das informações em linguagem clara, simples e acessível, garantido aos sujeitos por meio do TCLE e do TALE a confiabilidade do estudo e o sigilo das informações dos indivíduos, incluindo as medidas de proteção à confidencialidade e à liberdade do participante da pesquisa de recusar-se a participar. Garantindo assim, a privacidade da identidade do sujeito e o sigilo da pesquisa.

Entendendo a aprendizagem como um processo contínuo e, considerando a necessidade pela busca de práticas pedagógicas que possibilitem um pensamento crítico e reflexivo sobre o Ensino de Física para a formação integral do indivíduo, o benefício esperado com a sua participação neste estudo acarretará no diálogo, compreensão e promoção do Ensino de Física

numa perspectiva da aprendizagem significativa, por meio da atividade docente aliadas a uma educação que vereda pelos caminhos da experimentação e das tecnologias digitais.

Foi esclarecido a cada estudante que se disponibilizou em participar, voluntariamente, o motivo da pesquisa e sua participação em todo o processo de estudos. Em razão do cenário de restrição de convívio social, devido a pandemia do COVID-19, impossibilitando a realização das aulas presenciais, esses termos foram entregues pelo pesquisador nas residências dos estudantes, que após a leitura do documento, foi proposto que os discentes e seus respectivos pais assinassem o mesmo. É importante ressaltar, que na turma onde foi realizada a pesquisa estavam matriculados regularmente 32 estudantes, porém, por questões de acesso à internet e disponibilidade de artefato tecnológico (tablets, celular e computador), apenas 12 estudantes tiveram condições de participar ativamente das intervenções.

Como os estudantes não estavam frequentando a escola de forma presencial se fez necessário solicitar inicialmente da direção da unidade de ensino o e-mail institucional dos discentes, para que pudéssemos encaminhar o convite para participação na pesquisa, a partir de um formulário eletrônico do Google *Forms*. Na Tabela 1 está demonstrado o perfil etário da turma com os 12 estudantes participantes da pesquisa.

Tabela 1: Perfil dos estudantes participantes da pesquisa

Sexo	Idade	Total
Masculino	14	1
	15	3
	16	2
	17	1
	18	1
Feminino	14	1
	15	2
	16	1
Total		12

Fonte: O autor (2020).

A partir dos dados então descritos na Tabela 1, percebe-se que a maioria dos estudantes que participaram da pesquisa é do sexo masculino, com um quantitativo de 08 discentes e idade entre 14 e 18 anos. Já no que se refere aos estudantes do sexo feminino, essa quantidade é menor, com 04 estudantes, representando aproximadamente 35% do público masculino e idade variando

de 14 a 16 anos. Apesar desta variação no número de sujeitos na perspectiva do gênero, a média de idade entre eles é aproximadamente a mesma.

De acordo com lei nº 9394 de 1996, lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica (LDB), em seu artigo 23, a Educação Básica, poderá se organizar em séries anuais, períodos semestrais, ciclos e grupos seriados com base na idade dos estudantes. Para o Ensino Médio, conforme descreve a Tabela 2, temos a etapa educacional e a respectiva faixa etária.

Tabela 2: Etapa educacional e faixa etária dos estudantes no Ensino Médio

Última etapa da Educação Básica			
Série	1º ano	2º ano	3º ano
Idade de corte	14 e 15 anos	15 e 16 anos	17 e 18 anos

Fonte: BRASIL, 1996.

A partir dos dados acima descritos (Tabela 2), nota-se que na turma onde foram realizados os procedimentos metodológicos apresenta 5 estudantes com idade acima da faixa etária então determinada para o 1º ano do Ensino Médio, totalizando aproximadamente 40% do total de estudantes participantes. Este descompasso etário da turma pode descrever algum descompasso no aprendizado desses estudantes, entendendo que possivelmente tiveram reprovações ou desistências na série atual ou em turmas anteriores.

Buscando facilitar o contato com os sujeitos participantes desse trabalho, foi criado um grupo a partir de um aplicativo de relacionamento (*WhatsApp*) (Figura 2), inclusive com a presença do professor ministrante da disciplina de Física e a coordenadora pedagógica da escola. Este grupo era administrado por este pesquisador e todos os encaminhamentos acerca dos encontros síncronos na plataforma *Google meet* eram previamente informados por este aplicativo.

Figura 2 – Grupo de *WhatsApp* com os participantes da pesquisa

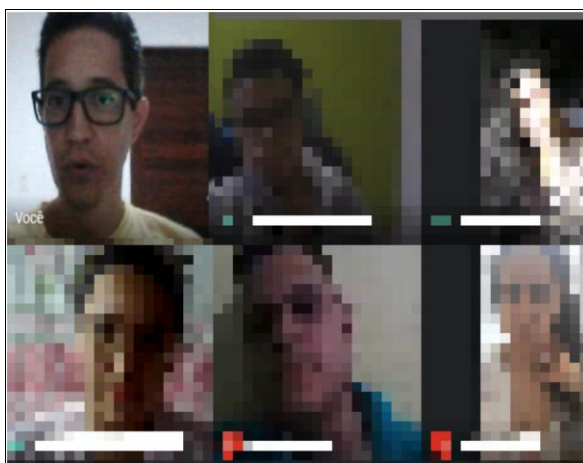


Fonte: O autor (2020).

Os encontros síncronos com os sujeitos participantes aconteceram por meio da plataforma *Google Meet* (Figura 3). Eram enviados previamente o link de acesso para os estudantes através do *WhatsApp*, com horários (início e fim), assuntos à serem abordados, capítulo e páginas do livro didático, bem como o roteiro dos experimentos virtuais.

Durante esses encontros todos poderiam fazer suas intervenções ou questionamentos formativos, inclusive com sugestões do professor responsável pela turma e da coordenadora pedagógica. Diante do contexto social durante o período da pesquisa, não seria possível fazer as intervenções na escola sem o uso desta plataforma digital, entendendo que a mesma além de ser gratuita, já vinha sendo utilizada pelos demais professores da escola campo de pesquisa durante as aulas remotas.

Figura 3 – Aula síncrona da disciplina de Física com os estudantes



Fonte: Captura de tela do aplicativo *Google meet*.

Durante as intervenções síncronas não submetemos como objeto de estudo as questões relativas ao levantamento de estudantes repetentes e que não dispõem de internet, nos norteando apenas para o que já tínhamos definido em nosso plano de atividade didática, ou seja, analisar aquelas informações a partir das devolutivas dos questionários aplicados com os estudantes enquanto instrumento de coleta de dados, e das observações durante as aulas virtuais.

3.6 COLETA DE DADOS

Conforme relatado, neste trabalho utilizamos como tipo de pesquisa a pesquisa-ação. Desta forma, entendemos que a coleta de dados para estas situações, o método tem um comportamento cíclico entre a ação, a reflexão e de fato a pesquisa-ação. Para Franco (2005, p. 499) “nesse processo reflexivo de coletar dados, registrá-los coletivamente, discuti-los e contextualizá-los, já se está caminhando para a construção de saberes e para seu compartilhamento, num processo único, dialético, transformador e das condições existenciais”.

Neste contexto, os instrumentos de coletas de dados interagem entre si, de modo a fornecer meios que possibilitem a transformação do sujeito durante o decorrer da pesquisa. Direcionar os eventos implícitos do ato educativo do simulador PhET compreende justamente esse processo de reflexão.

Enquanto instrumento de coleta de dados utilizou-se o questionário semi-estruturado, com questões abertas e fechadas, sendo, um aplicado antes do uso do simulador PhET (Questionário diagnóstico) e outro proposto aos estudantes após findado os momentos síncronos (Questionário avaliação de aprendizagem). O primeiro questionário foi composto por 9 (nove) questões, sendo 03 (três) fechadas e 6 (seis) abertas. Já o segundo questionário foi constituído por 12 (doze) questões, com 07 questões abertas e 05 (cinco) fechadas.

O questionário, segundo Gil (1999, p.128), pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc”. Trata-se, porém, de um conjunto de questões elaboradas com o intuito de gerar dados necessários para se atingirem os objetivos de um estudo, muito utilizado na pesquisa científica, especialmente nas ciências sociais.

Os questionários (formulários) no Google *docs*, foram configuramos para que as perguntas pudessem ser respondidas pelos estudantes, entendendo o quantitativo de discentes participantes, o que possivelmente poderia resultar em não obtermos a quantidade mínima de dados para análise.

Todos os estudantes da turma foram convidados para participar da pesquisa, porém, apenas 12 se dispuseram em responder o primeiro questionário. Identificamos, conjuntamente com o apoio da direção da escola que as principais dificuldades apresentadas para estas aceitações se referiram ao acesso à internet, pelas aulas estarem acontecendo de forma remota e, em situações excepcionais, pelo questionário conter perguntas abertas, necessitando que os discentes fizessem descrições pessoais como resposta. Para o segundo questionário e as demais etapas da pesquisa continuaram apenas com os 12 estudantes inicialmente dispostos e em condições de participar da intervenção.

Esses formulários digitais foram devidamente identificados com o nome do pesquisador, dos orientadores, da instituição e do parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFAL. Estas informações se mostraram bastante relevante para a credibilidade da pesquisa junto aos sujeitos participantes, como também da instituição lócus da pesquisa. Sobre estes esclarecimentos, Marconi e Lakatos (1999, p. 100) descrevem que “junto com o questionário deve-se enviar uma nota ou carta explicando a natureza da pesquisa, sua importância e a necessidade de obter respostas, tentando despertar o interesse do recebedor para que ele preencha e devolva o questionário dentro de um prazo razoável”.

A aplicação dos questionários se deu por meio do formulário Google *docs* (Figura 4), enviados eletronicamente para os estudantes por meio de seus respectivos e-mails institucionais, bem como pelo aplicativo de relacionamentos (*WhatsApp*).

Figura 4 - Questionário do Google *Docs* utilizado para coleta de dados

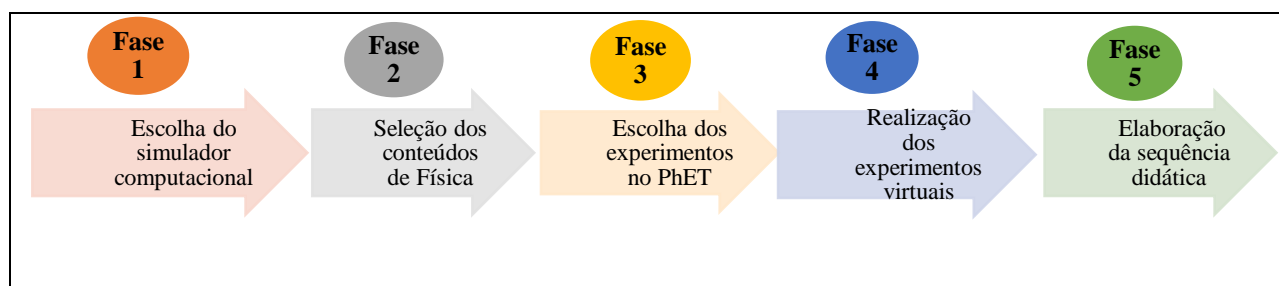
Fonte: Captura de tela do aplicativo Google *docs* <<https://docs.google.com/forms/u/0/>>.

O questionário 1 (Questionário Diagnóstico) foi disponibilizado para os discentes sem que os mesmos tivessem qualquer contato prévio com professor, ou qualquer outro esclarecimento retratando as temáticas curriculares então questionadas no formulário. Solicitamos apenas que os estudantes descrevessem seus entendimentos, possivelmente vistos durante as aulas ministradas com o professor regente da disciplina, durante o início do ano letivo de 2020, entendendo que os componentes curriculares de Força e Movimento estão previstos para ser trabalhado durante o 1º bimestre letivo.

A mesma estratégia de obrigatoriedade de respostas foi atribuída para o questionário 2 (avaliação de aprendizagem). Para ambos os formulários foi determinado um período máximo de 02 (dois) dias para que os estudantes devolvessem os questionários com suas respectivas respostas.

Esse trabalho foi desenvolvido em 05 (cinco) fases, sendo: (1) escolha do simulador computacional, (2) seleção dos conteúdos curriculares de Física, (3) escolha dos experimentos no simulador computacional PhET, (4) realização dos experimentos virtuais e (5) elaboração da sequência didática, conforme descrito na Figura 5.

Figura 5 – Fases de desenvolvimento da atividade



Fonte: O autor (2020).

Nessa pesquisa utilizamos os experimentos virtuais de Física a partir do simulador computacional *PhET*, enquanto objeto de aprendizagem, discutindo os conteúdos curriculares de Força e Movimento, então fundamentadas teoricamente na Mecânica Newtoniana, contemplando principalmente a primeira e segunda Leis de Newton. Nessas atividades demonstrativas foram abordadas as relações entre as grandezas físicas envolvidas em cada um dos experimentos, discutindo as possíveis causas e efeitos numa perspectiva dialógica.

Inicialmente buscou-se escolher um artefato tecnológico que: pudesse representar de forma didática as experimentações de Força e Movimento, enquanto componentes curriculares da disciplina de Física; estivesse disponível para o público de forma gratuita; fosse de fácil

manipulação para professores e estudantes; que necessariamente não precisasse ser transformado em arquivo para “baixar” no computador ou outro instrumento computacional e, por fim, que pudesse ser utilizado pelas instituições de ensino enquanto estratégia didática nos processos de ensino e aprendizagem.

Na segunda fase da pesquisa, foram escolhidos os componentes curriculares de Força e Movimento, então trabalhados no 1º ano do Ensino Médio, tendo em vista que já tínhamos definido a pesquisa com os estudantes pertencentes a esta etapa educacional, entendendo ser o primeiro contato com as abordagens de Física separadamente das demais disciplinas de Ciências.

A preferência na escolha do simulador computacional *PhET*, se deu em razão dessa tecnologia digital apresentar características que possibilitariam alcançarmos os objetivos da pesquisa e que pudesse ficar disponível gratuitamente para uso, mesmo após a finalização desse trabalho.

No tocante a realização dos experimentos (fase 4), por se tratar de uma pesquisa-ação, a mesma foi norteadada a partir das estratégias didáticas então abordadas durante os momentos síncronos e assíncronos com os estudantes. Analisando cada um desses encontros (Quadro 1), avaliamos as potencialidades do simulador computacional *PhET* frente a aprendizagem significativa e que pudesse estar sendo implementado pelos professores enquanto prática pedagógica. Por fim, foi feita a avaliação dessa sequência de ensino, buscando enaltecer a aprendizagem dos estudantes frente ao uso do laboratório virtual *PhET*.

Durante as fases 4 e 5 (realização dos experimentos e elaboração da sequência didática, respectivamente) de desenvolvimento da pesquisa, foram realizadas 4 aulas síncronas com os estudantes, cada aula com duração de 50 minutos, sendo 02 (duas) por dia, uma vez por semana, perfazendo assim duas semanas de encontros (Quadro 1).

Quadro 1: Programa das aulas síncronas realizadas com os estudantes

1º encontro (aula): Apresentação da pesquisa e aplicação do Questionário Diagnóstico		
Duração	Materiais utilizados	Atividades realizadas
50 minutos	Plataforma Google <i>Meet</i> , formulário eletrônico Google <i>Forms</i> e simulador <i>PhET</i>	Convite e apresentação da pesquisa, bem como dos procedimentos metodológicos; informes acerca dos conteúdos curriculares à serem abordados (Força e Movimento); Apresentação dos roteiros dos experimentos que seriam realizados por meio do simulador computacional <i>PhET</i> ; envio do questionário eletrônico (Google <i>Forms</i>) para verificação de conhecimento prévio.

2° encontro: Apresentação conceitual sobre Força e Movimento e uso do simulador PhET		
Duração	Materiais utilizados	Atividades realizadas
50 minutos	Plataforma Google <i>Meet</i> , livro didático e simulador <i>PhET</i>	Experimentos virtuais com as temáticas da 1ª Lei de Newton, contemplando as variáveis força, movimento, e velocidade, utilizando o livro didático e dos experimentos “cabo de guerra” e “movimento” disponíveis no simulador computacional PhET, enquanto recurso didático.
3° encontro: Apresentação conceitual sobre Força e Movimento e uso do simulador PhET		
Duração	Materiais utilizados	Atividades realizadas
50 minutos	Plataforma Google <i>Meet</i> , livro didático e simulador <i>PhET</i>	Experimentos virtuais com as temáticas da 1ª e 2ª Leis de Newton, contemplando as variáveis Força, Movimento, Velocidade, Massa e Aceleração, utilizando o livro didático e os experimentos “movimento” e “atrito” disponíveis no simulador computacional <i>PhET</i> , enquanto recurso didático.
4° encontro: Experimentos com o simulador computacional <i>PhET</i> sobre Força e Movimento e aplicação do questionário Avaliação de Aprendizagem		
Duração	Materiais utilizados	Atividades realizadas
50 minutos	Plataforma Google <i>Meet</i> , formulário eletrônico Google <i>Forms</i> e simulador <i>PhET</i>	Experimentos virtuais com as temáticas da 1ª e 2ª Leis de Newton, contemplando as variáveis Força, Movimento, Velocidade, Massa e Aceleração, utilizando o livro didático e o experimento “aceleração” disponível no simulador computacional <i>PhET</i> , enquanto recurso didático. Aplicação do questionário 2 (avaliação de aprendizagem).

Fonte: O autor (2020).

A partir das ações descritas no Quadro 1 buscamos inicialmente observar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca de Força e Movimento, aplicando o questionário diagnóstico, na perspectiva de identificar os principais subsunçores. A partir desta observação preliminar, apresentamos para os estudantes o simulador computacional *PhET* enquanto material potencialmente significativo para a aprendizagem, relacionando os experimentos com as atividades cotidianas vivenciadas por eles.

Contudo, apesar de termos nos organizado a partir das ações informadas na tabela 1, nas situações onde esta proposta seja utilizada pelos professores, os mesmos têm autonomia para fazerem algum possível ajuste, acomodando a sua situação, estratégia de ensino e perspectiva de aprendizagem dos estudantes. Cabe aqui mencionar, que para o objetivo dessa pesquisa, os 4 (quatro) encontros realizados conseguiram satisfazer as intervenções planejadas, entendendo, ainda, que esses momentos foram realizados durante as aulas regulares da disciplina de Física

ministradas pelo professor regente. Como esta disciplina tem uma carga horária semanal de 2 (duas aulas), e em média 16 aulas por bimestre letivo, foi utilizado 25% das aulas previstas para todo o bimestre letivo do mencionado componente curricular.

3.7 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Finalizada a realização dos experimentos e a aplicação do Questionário 2 (avaliação da aprendizagem), foi dado início a análise dos dados então coletados, caracterizados a partir das respostas dos estudantes nos respectivos instrumentos de coleta de dados e das observações nas aulas síncronas.

É muito comum relacionarmos a palavra avaliação ao sentido de que se faz necessário uma representação numérica para algo que tenha sido realizado, atribuindo resultados e notas a partir de parâmetros já estabelecidos. Esses coeficientes são dados a partir do desempenho em uma proposta avaliativa. Contudo, os instrumentos e formas de se avaliar apresentam concepções que nem sempre caminham para o mesmo entendimento e, em algumas situações, são colocadas sob a responsabilidade de outros atores, nos eximindo enquanto protagonista no processo de se avaliar.

No contexto educacional existem diversos significados sobre o papel da avaliação, seja numa perspectiva diagnóstica, formativa ou classificatória, como também na função dos instrumentos avaliativos para os processos de ensino e aprendizagem. Numa perspectiva da avaliação qualitativa, entende-se que no ambiente educacional os processos são mais relevantes que os produtos. Segundo Demo (2004), nesta concepção de se avaliar enfatiza-se o processo de construção das aprendizagens do aluno, e não apenas o produto, ou seja, a nota e o resultado deste sujeito.

Este processo avaliativo se apresenta de três formas distintas entre si: inicialmente a avaliação diagnóstica, constituída por uma sondagem da situação de desenvolvimento do estudante, a partir de elementos que possam identificar o que aprendeu e como ocorreu essa aprendizagem, se planejando a partir das dificuldades encontradas, em seguida temos a avaliação classificatória, que propõe verificar a aprendizagem dos estudantes apoiada em medidas ou quantificações, nesse modelo de avaliação pressupõe que os sujeitos aprendem igualmente e no mesmo momento, forma de avaliação bastante utilizada dentro do processo educativo e, por último, temos a avaliação formativa, com o objetivo sobre o resultado da aprendizagem, localizando a deficiência durante o processo de aprendizagem, possibilitando reformulações, já que analisa as atividades e os meios pelos quais a aprendizagem se evidencia.

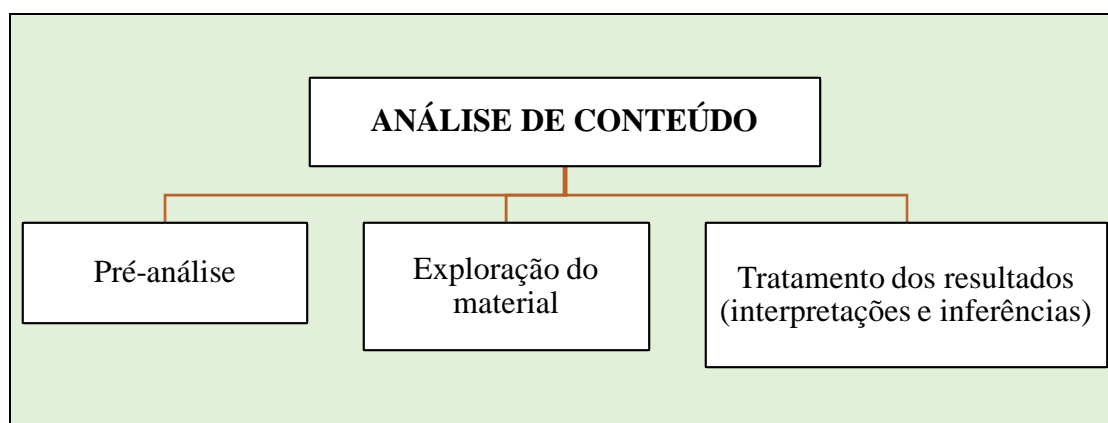
As questões incluídas no questionário tinham caráter subjetivo, possibilitando ao estudante discorrer conceitualmente sobre a temática curricular, como também relacionar estes componentes com suas experiências cotidianas. Pelo fato do caráter subjetivo a análise do questionário foi realizada com o viés qualitativo, agrupando as respostas por meio de categorias de análise.

Por questões de sigilo, os estudantes foram identificados apenas pela letra “E” e um número de 1 a 12 (E1, E2,... E12). As respostas dos estudantes ao questionário diagnóstico foram transcritas integralmente, com o objetivo de poder identificar os possíveis conhecimentos prévios dos mesmos acerca dos conteúdos curriculares relativos à Força e Movimento. Para o questionário 2 foi considerada a mesma dinâmica de registro de respostas do questionário 1, agora analisando as possíveis contribuições da atividade de experimentação frente a aprendizagem dos componentes curriculares então descritos. Os dados foram inseridos em duas categorias, a categoria 1 tratava da análise dos dados no questionário diagnóstico, enquanto que a categoria 2 buscava tratar das respostas ao questionário de avaliação de aprendizagem.

As análises qualitativas dos questionários foram feitas utilizando-se a técnica da Análise de Conteúdo. Para Bardin (2011, p. 47), este procedimento se baseia em:

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Ainda segundo o autor, a utilização dessa técnica se baseia em três etapas básicas: A pré-análise, a exploração do material e tratamento dos resultados. Configura-se na pré-análise a sistematização das ideias iniciais, fomentando para a interpretação das informações coletadas. Em seguida, foi feita a exploração do material, onde agregamos as categorias aos dados coletados e, por fim, fez-se o tratamento dos resultados a partir das interpretações e inferências, conforme Figura 6.

Figura 6 – Fases na Análise de Conteúdo

Fonte: Adaptado de Bardin (2011)

Para cada questão proposta no instrumento de coleta de dados, fizemos a análise do conteúdo. Essa análise abordou os dois momentos da aplicação dos questionários: atividades pré-simulação, que visa fazer o aluno pensar a respeito da questão com o seu conhecimento prévio, auxiliando na organização dos subsunçores e atividades pós-simulação, realizadas após o uso do simulador *PhET*, onde se analisou a sistematização do conteúdo das respostas dos estudantes no Questionário de Avaliação da Aprendizagem. No Quadro 2 está descrita as Categorias e Subcategorias da Análise de Conteúdo.

Quadro 2: Categorias e subcategorias da Análise de Conteúdo

Categorias	Subcategorias
Categoria 1: Entendimento inicial dos estudantes na resolução de questões envolvendo os conceitos e aplicações de Força e Movimentos.	1. Acerto conceitual na resolução do questionamento proposto.
	2. Erro conceitual na resolução do questionamento proposto.
	3. Questões sem resolução.
Categoria 2: Desempenho dos estudantes acerca dos conceitos e aplicações de Força e Movimentos após o uso do simulador computacional <i>PhET</i> .	1. Acerto conceitual na resolução do questionamento proposto.
	2. Erro conceitual na resolução do questionamento proposto.
	3. Questões sem resolução.

Fonte: Autor (2021).

A partir da avaliação dos dados coletados, foram analisadas as contribuições do simulador *PhET*, enquanto recurso didático para fins de experimentação nas aulas de Física, no processo de

aprendizagem dos componentes curriculares de Força e Movimento, em uma turma do 1º ano do Ensino Médio.

Estaremos apresentando na Seção 4 os resultados da pesquisa, por meio da análise dos dados então elaborados, como também a partir das observações feitas pelo pesquisador durante cada encontro síncrono com os estudantes participantes do estudo. É importante ressaltar que os 12 estudantes participantes desse trabalho foram identificados com os códigos E1, E2, E3, ..., E12 e serão estes códigos que estarão descritos nos resultados da pesquisa na seção seguinte, caracterizando os membros deste estudo.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão descritos os resultados dos dados coletados a partir das respostas dos estudantes aos questionários, bem como das observações realizadas pelo pesquisador durante o decorrer de cada momento síncrono.

4.1 O SIMULADOR COMPUTACIONAL *PhET* NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO

A Tabela 3 apresenta a comparação dos estudantes na resolução de proposições de Força e Movimento antes e após o uso de simulações no *PhET*:

Tabela 3: Desempenho dos estudantes na Resolução de Proposições de Força e Movimento

Estudantes	Quantidade de acertos sem as simulações no <i>PhET</i>	Quantidade de acertos após o uso de simulações no <i>PhET</i>
E1	2	8
E2	3	9
E3	1	5
E4	3	7
E5	3	6
E6	3	6
E7	1	5
E8	4	6
E9	4	10
E10	2	9
E11	3	7

E12	1	4
------------	---	---

Fonte: O autor (2021).

A partir dos dados da Tabela 3, é possível perceber diferentes resultados. Todos os doze estudantes acertaram mais questões no questionário Avaliação da Aprendizagem (QA) quando comparado ao Questionário Diagnóstico (QD). Dois estudantes acertaram duas vezes mais no QA do que no QD, e outros dois estudantes acertaram três vezes mais no QA do que no QD. Esta alternância é ocasionada por duas razões, inicialmente pelo fato dos estudantes terem sido submetidos à questionamentos semelhantes sobre Força e Movimento e, segundo, por poderem no questionário Avaliação da Aprendizagem ter vivenciado os conteúdos curriculares dentro de contexto experimental a partir de simulações no *PhET*. É importante ressaltar que o Questionário Diagnóstico foi composto por dez questões, enquanto que o questionário de Avaliação da Aprendizagem era formado por 12 proposições, assim, para os resultados descritos na Tabela 3 devem ser levados em consideração esta diferença numérica de perguntas.

A partir da análise dos conhecimentos prévios dos estudantes participantes da pesquisa, acerca dos componentes Força e Movimento, por meio das devolutivas do Questionário Diagnóstico, dos resultados obtidos pelos discentes quando utilizaram o simulador *PhET*, das devolutivas dos estudantes no Questionário Avaliação de Aprendizagem e das observações realizadas pelo pesquisador durante as aulas com atividades experimentais com o simulador *PhET*, possibilitou-se fazer inferências nestes resultados, permitindo por meio destes, criar Unidades de Registro, que por consequência derivaram nas categorias e subcategorias de análise dos dados.

Propondo representar estes resultados de forma mais evidente, esta seção foi subdividida, baseando-se nas categorias temáticas de análise mencionadas no Quadro 2.

4.2 DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NA RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

A Categoria 1 foi elaborada a partir da análise das respostas dos estudantes ao questionário diagnóstico, que tratavam de conceitos e aplicações sobre os conteúdos de Força e Movimento, por meio do formulário eletrônico Google *Forms* (Apêndice E), aplicado de forma individual e sem consulta ao material didático. Trazemos no Quadro 3 as subcategorias e as unidades de registro oriundas do processo de análise das devolutivas dos discentes as proposições do componente curricular de Força e Movimento.

Quadro 3: Subcategorias e Unidades de Registros do entendimento inicial dos estudantes

Subcategorias	Unidades de Registro
1. Acertos na resolução das proposições.	Acerto com registro de explicação
	Acerto sem registro de explicação
2. Erros na resolução das proposições.	Erro com registro de explicação
	Erro sem registro de explicação
3. Proposições sem respostas.	Questões sem respostas

Fonte: O autor (2021).

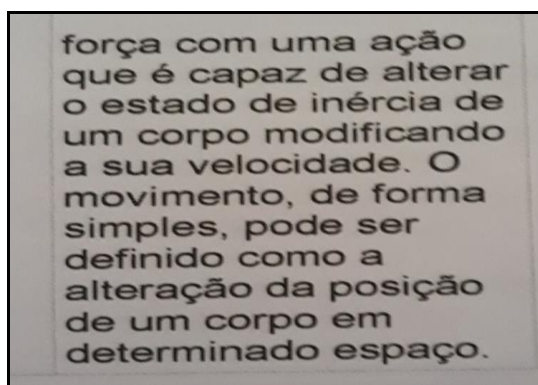
Baseado nas Unidades de Registros foi analisado a frequência com que estas unidades foram evidenciadas em cada proposição, ao realizar o levantamento das respostas dos estudantes no questionário diagnóstico. A proposição 1 traz uma abordagem acerca dos conceitos elementares sobre Força e Movimento, então descrito na Seção 1 deste trabalho. Neste questionamento, o estudante deveria descrever seus entendimentos sobre Força e Movimento, relatando os conceitos básicos acerca destas grandezas físicas. A frequência com que as respostas dos estudantes aparecem, tendo como base as unidades de registro determinadas estão representadas na Tabela 3.

Tabela 4: Desempenho dos estudantes na proposição 1 do Questionário Diagnóstico

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	01
Acerto sem registro de explicação	07
Erro com registro de explicação	02
Erro sem registro de explicação	02
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A partir dos dados expressos na Tabela 4, percebe-se que 8 estudantes indicaram a alternativa correta, porém, apenas o estudante E6 justificou corretamente sua resolução. Já os 4 estudantes restantes responderam de modo errado, demonstrando que apenas parte dos estudantes conseguem mensurar os conceitos elementares acerca de Força e Movimento. Na Figura 7 apresentamos um dos mencionados registros.

Figura 7 – Registro de descrição na Proposição 1


força com uma ação que é capaz de alterar o estado de inércia de um corpo modificando a sua velocidade. O movimento, de forma simples, pode ser definido como a alteração da posição de um corpo em determinado espaço.

Fonte: O autor (2020).

Observando a Proposição 1, pode-se inferir que a maioria dos estudantes não têm uma compreensão clara sobre os conceitos de Força e Movimento, apresentando em suas resoluções apenas características gerais acerca destas variáveis. Outra importante observação refere-se ao fato de 11 estudantes não fazerem um relato explicativo para este questionamento.

A Questão 2 traz uma perspectiva acerca das relações existentes entre as grandezas Força e Movimento. Esta proposição solicita que o estudante identifique se há alguma interação entre essas variáveis, bem como justifique sua indicação, para os casos afirmativos ou de negação entre as alternativas. Na Tabela 5 está discriminado o resultado de acertos e erros apresentado pelos estudantes na resolução deste problema.

Tabela 5: Desempenho dos estudantes na proposição 2 do Questionário Diagnóstico

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	01
Acerto sem registro de explicação	07
Erro com registro de explicação	00
Erro sem registro de explicação	04
Questões sem respostas	00

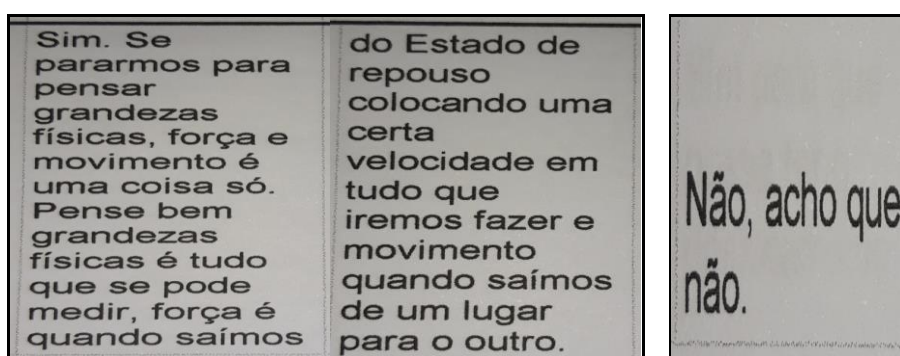
Fonte: O autor (2021).

Nota-se, a partir dos dados da Tabela 5, que oito estudantes responderam de forma assertiva a Proposição 2, enquanto que os quatro restantes indicaram a proposição errada enquanto resposta. Dentre aqueles que acertaram a proposição, apenas a estudante E9 justificou sua resposta, descrevendo um texto de fundamentação explicando claramente algumas das

relações existentes entre as grandezas Força e Movimento. Já os sete demais estudantes que acertaram a proposição não fizeram qualquer registro de explicação para a proposição 2. Ainda observando a Tabela 4, percebe-se que quatro responderam a proposição de forma errada, sem apresentar qualquer explicação por meio de texto dissertativo ou representação numérica.

Na Figura 8 estão representados os registros da resolução dos estudantes E9 e E1, utilizando-se de descrição dissertativa, representando seus entendimentos acerca das interações existentes entre Força e Movimento, caracterizando como acerto com registro de explicação e erro sem registro de explicação, respectivamente.

Figura 8- Registro de respostas na Proposição 2



Fonte: O autor (2020).

Mostra-se importante ressaltar, que nesta proposição, foi pedido para que os estudantes participantes deste estudo, além de estar identificando de modo afirmativo ou não alguma relação entre as grandes físicas Força e Movimento, que também fossem justificadas suas respostas por meio de explicações escritas. Desta forma, quando os estudantes fazem suas afirmações, sem o registro de explicação, possivelmente será caracterizado por não terem conseguido compreender a proposição, relatando apenas que sim ou não, sem sequer justificar sua escolha, conforme descreve o estudante E1 (Figura 8).

Observando os relatos dos estudantes durante os encontros síncronos, por parte deste pesquisador, foi identificado que alguns discentes não conseguiam compreender o questionamento no problema proposto, evidenciando que tiveram alguma dificuldade na compreensão do que lhe foi indicado a responder. Particularmente neste questionamento (Proposição 2), os estudantes que responderam de forma afirmativa ou não, sem o registro de explicação, não se deram conta de que as relações existentes entre as grandezas Força e Movimento estão diretamente relacionadas, tendo em vista a força é determinante para a existência de movimento, desconsiderando o referencial inercial.

A Proposição 3 traz uma abordagem acerca da grandeza física Força, retratada no contexto das forças Peso e Atrito, e como estas podem interferir na variação da velocidade. Assim, esta proposição busca identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a mudança de velocidade dos corpos em razão da massa do corpo, como também da superfície de atrito, ou seja, de que forma a rugosidade de uma superfície pode modificar seu deslocamento.

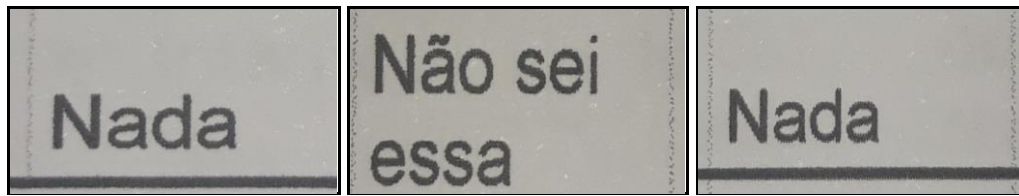
A resolução desta questão consiste justamente em o estudante descrever de forma dissertativa seus entendimentos acerca das Forças Peso e Atrito, e como elas interferem na variação da velocidade. Para esta proposição foi colocado um questionamento afirmativo, informando previamente que essas forças interferem diretamente na velocidade, ficando a cargo do discente apenas relatar em que circunstâncias elas interferem na mudança de velocidade. Na Tabela 6 estão representados os resultados dos registros de respostas dos estudantes acerca desta proposição.

Tabela 6: Desempenho dos estudantes na proposição 3 do Questionário Diagnóstico

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	02
Acerto sem registro de explicação	04
Erro com registro de explicação	03
Erro sem registro de explicação	03
Questões sem respostas	00

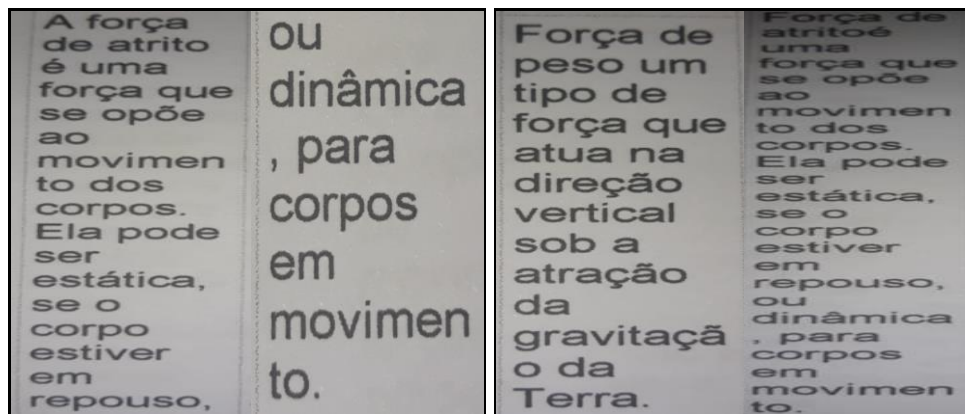
Fonte: O autor (2021).

A partir das representações de registros de frequência contidas na Tabela 6, pode-se inferir que do total de estudantes participantes da pesquisa, apenas 02 entenderam a Proposição 3, tendo em vista seus respectivos relatos dissertativos. Esses dois estudantes (E5 e E6) responderam a questão a partir da definição das Forças de Atrito e Peso, sob um contexto das vivências cotidianas e indicando como estas variáveis corroboram para a mudança de velocidade dos corpos. Já os estudantes E3, E7 e E12 apresentaram para esta questão erro sem registro de explicação, evidenciando assim que não têm qualquer conhecimento acerca das Forças Peso e de Atrito, como também de que forma suas interferências podem modificar a velocidade de um determinado corpo. A Figura 9 ilustra o registro de respostas dos três estudantes E3, E7 e E12, referentes a esta proposição, respectivamente.

Figura 9- Registros de respostas na Proposição 3

Fonte: O autor (2020).

Ainda analisando os registros da Tabela 6, nota-se que dois estudantes responderam a Proposição 3 de forma assertiva e com registro de explicação (Figura 10), enquanto que seis discentes não conseguiram acertar o questionamento proposto. Destes, três descreveram suas respostas, mencionando suas explicações, relatando que as forças peso e de atrito não têm qualquer relação com a mudança de velocidade, além de conceituarem essas variáveis equivocadamente. Já os três discentes que não apresentaram qualquer registro de explicação acerca das Forças Peso e de Atrito, e suas correlações com a variação da Velocidade, não apresentaram registros de explicação.

Figura 10- Registros de respostas na Proposição 3

Fonte: O autor (2020).

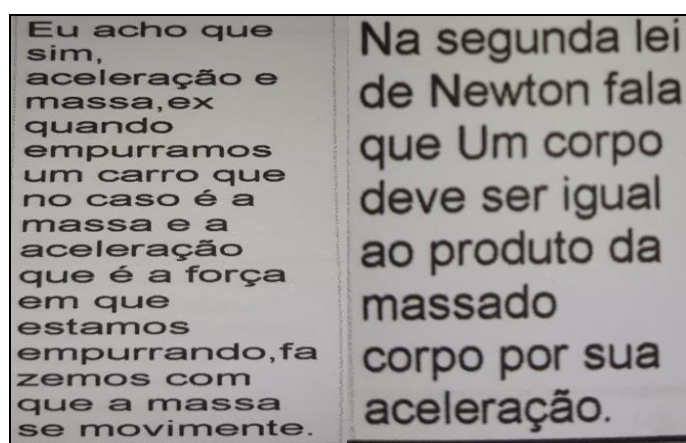
A Proposição 4 faz um questionamento aos estudantes sobre seu entendimento acerca da grandeza física aceleração e se existe alguma relação com a massa. Nesta questão, além do caráter afirmativo ou de negação, também solicita que o mesmo justifique sua resposta. A Tabela 7 traz as frequências dos acertos e erros apresentados pelos discentes na Questão 4.

Tabela 7: Desempenho dos estudantes na proposição 4 do Questionário Diagnóstico

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	02
Acerto sem registro de explicação	05
Erro com registro de explicação	01
Erro sem registro de explicação	04
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A Questão 4 solicita do estudante, enquanto resolução, uma descrição dissertativa sobre o conceito de Aceleração. Em seguida, é perguntada se existe alguma relação entre a aceleração e a massa e, por fim, em caso de existência de interação entre essas variáveis, que o estudante justifique essa afirmativa. Analisando a Tabela 7, nota-se que apenas dois estudantes tiveram em suas respostas acerto com registro de explicação, descrevendo corretamente sobre um contexto conceitual da Aceleração, além de indicar corretamente sobre a existência de relação entre as variáveis aceleração e massa, justificando, por fim, sua afirmação. Na Figura 11 estão ilustrados os acertos com registro de explicação dos estudantes E1 e E2.

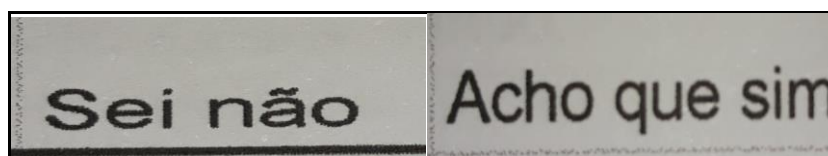
Figura 11- Registros de respostas na Proposição 4

Fonte: O autor (2020).

Percebe-se ainda na Tabela 7, que cinco discentes apresentaram em suas respostas acerto sem registro de explicação, caracterizando que os mesmos não compreenderam as definições acerca de aceleração, nem tão pouco como esta pode se relacionar com a massa.

Por fim, identifica-se na tabela que os cinco demais estudantes registraram suas respostas erroneamente, sendo que destes, um estudante apresentou explicação, enquanto que os outros quatro não mencionaram qualquer registro explicativo. A Figura 12 mostra os erros sem registros de explicação dos estudantes E3 e E7.

Figura 12- Registros de respostas na Proposição 4



Fonte: O autor (2020).

A Proposição 5 faz um questionamento acerca da Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia. Como resposta, se faz necessário descrever ou representar matematicamente sobre os conceitos que regem esta Lei, identificando suas causas e consequências ou até mesmo abordando um exemplo do cotidiano. A Tabela 8 traz o registro das frequências das repostas dos estudantes para esta proposição.

Tabela 8: Desempenho dos estudantes na proposição 5 do Questionário Diagnóstico

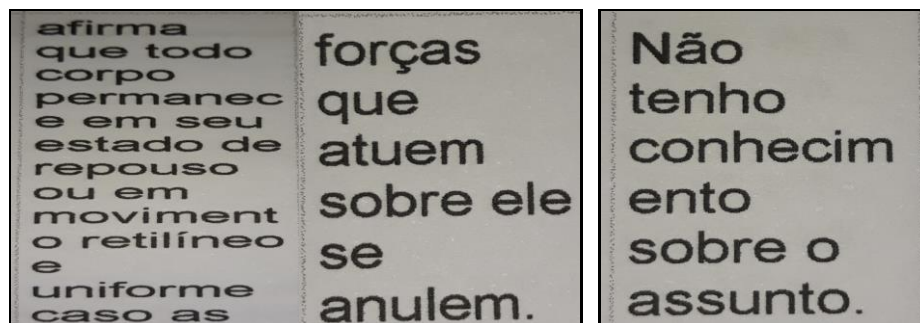
Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	05
Acerto sem registro de explicação	02
Erro com registro de explicação	01
Erro sem registro de explicação	04
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

Analisando os dados da Tabela 8, percebe-se que sete estudantes acertaram a proposição, destes, dois não descreveram a explicação e cinco relataram de forma assertiva os conceitos inerentes à Primeira Lei de Newton. Estes cinco estudantes compreenderam que a resolução do questionamento está relacionada à inércia, ou seja, quando a resultante das forças que atuam sobre o corpo é nula. Contudo, quatro estudantes erraram a questão e não apresentaram registro de explicação, possivelmente por não terem compreendido que para um corpo modificar seu estado de repouso é necessário que o resultado das forças aplicadas sobre ele seja diferente de

zero. A Figura 13 ilustra o registro de reposta dos estudantes E6 e E1, com registro de acerto e erro, na Questão 5, respectivamente.

Figura 13- Registros de respostas na Proposição 5



Fonte: O autor (2020).

A Questão 6 se refere a um contexto cotidiano, retratando sobre a Força que atua de forma contrária ao deslocamento de um corpo (por exemplo, um carro), e que insere sobre este uma resistência, principalmente pela superfície de contato. Nesta proposição, é questionado qual o nome da força, solicitando que os estudantes marquem uma alternativa entre as cinco apresentadas. Como resolução os discentes deveriam marcar a opção “Força de Atrito”, tendo em vista as descrições presentes no questionamento. Na Tabela 9 está representada as frequências de acertos e erros na Proposição 6.

Tabela 9: Desempenho dos estudantes na proposição 6 do Questionário Diagnóstico

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	02
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	10
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A partir dos dados descritos na Tabela 9, pode-se perceber que dois estudantes responderam a proposição de forma assertiva com registro de explicação, enquanto que os dez discentes restantes erraram suas respostas, apesar de terem feito os registros das explicações. Os dez estudantes não descreveram como respostas relatos condizentes com o questionamento

proposto, permitindo inferir que os mesmos não tiveram uma compreensão clara acerca da força de forma contrária ao deslocamento, também caracterizada como força de atrito, então abordada na proposição sobre um contexto cotidiano.

A Proposição 7 aborda o relato sobre o movimento retilíneo uniforme, e a tendência de os corpos manterem este movimento, como também das situações em que os corpos se encontram parados ou em repouso (desconsiderando para esta proposição o referencial inercial), tendem em ficar parados, inserindo neste contexto um questionamento sobre a finalidade do uso do cinto de segurança utilizado pelos motoristas de automóveis. O problema consiste em identificar a importância do uso do cinto de segurança e suas relações com as situações de repouso e movimento na perspectiva do motorista que se encontra dentro do automóvel. A Tabela 10 descreve a frequência de respostas dos estudantes a mencionada proposição.

Tabela 10: Desempenho dos estudantes na proposição 7 do Questionário Diagnóstico

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	05
Acerto sem registro de explicação	01
Erro com registro de explicação	02
Erro sem registro de explicação	04
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

Analisando os dados descritos na Tabela 10, é possível identificar que seis estudantes acertaram as resoluções do questionamento proposto, contudo, apenas cinco registraram suas respectivas descrições como respostas de forma assertiva. Estes estudantes conseguiram interpretar o questionamento então proposto, correlacionando às definições acerca do momento de inércia do passageiro no carro, entendendo que, mesmo o motorista estando parado dentro do automóvel, seu corpo está em movimento em relação a outro referencial inercial, descrevendo assim a importância do uso do cinto de segurança pelos passageiros do carro. Os seis discentes restantes erraram a proposição, dois destes registraram suas respostas, enquanto que os outros dois não fizeram qualquer registro de explicação, ou seja, o estudante não conseguiu compreender as relações de Movimentos com o uso do cinto de segurança. A Figura 14 mostra os registros de explicação dos estudantes E5 e E11, respectivamente.

Figura 14- Registros de respostas na Proposição 7

<p>O cinto de segurança é um dispositivo criado para proteger motoristas e passageiros de possíveis impactos violentos no interior do carro – ou mesmo o arremesso de pessoas para fora do veículo em caso de colisões, contribuindo para reduzir os riscos de ferimentos na cabeça, no rosto, no pescoço e na coluna.</p>	<p>No caso de uma batida, um corpo solto em um automóvel mantém a mesma velocidade e que estava até encontrar um a barreira.</p>
--	--

Fonte: O autor (2020).

A Proposição 7 referente a última das proposições direcionadas aos estudantes, faz referência ao uso do cinto de segurança dentro do automóvel e sua correlação com as posições de repouso, movimento e referencial. A resposta a este item consiste em descrever sobre a finalidade do uso do cinto de segurança, correlacionando esses eventos físicos as grandezas força, movimento, aceleração e massa, podendo mencionar, também, de forma sistêmica, alguma situação então vivenciada pelo estudante em seu convívio cotidiano onde estejam presente estes fenômenos.

É importante mencionar que no decorrer dos 07 questionamentos resolvidos pelos estudantes, podemos identificar respostas que trazem uma abordagem tanto relacionada com o convívio cotidiano dos discentes, como também aquelas que envolvem uma descrição conceitual sobre Força e Movimento, e suas interações com as grandezas físicas aceleração, velocidade e massa dos corpos. Estas diferentes indagações nos trazem uma visão de que mesmo diante de distintos caminhos na resolução das proposições, os estudantes expressaram seus respectivos entendimentos a partir dos registros, de sua aprendizagem sobre os conteúdos trabalhados e de sua concepção acerca do questionamento à ser respondido.

De modo geral, os estudantes não apresentaram resultados satisfatórios em seu desempenho frente aos questionamentos propostos, pois, dos 12 estudantes, apenas 4 obtiveram um mínimo de 50% de acerto, considerando que estes quatro estudantes apresentaram resoluções corretas para os problemas a partir dos registros e justificativas explicativas. Desta forma é possível deduzir que até esta fase da pesquisa (aplicação de questionamentos descritivos), não existem ocorrências de uma Aprendizagem Significativa para todos os discentes participantes deste estudo. Todavia, se faz necessário entender que a habilidade em responder questionamentos precisa ser tanto vivenciada em um contexto conceitual como também aprendida de forma prática, considerando a conjuntura envolvida em cada proposta de

aprendizagem, não se resumindo apenas aos componentes curriculares então vistos na disciplina de Física. Assim, se faz necessário refletir acerca dos caminhos que permeiam o processo de ensino e aprendizagem na disciplina de Física na atualidade.

Nesta perspectiva, os artefatos tecnológicos podem se apresentar como um interessante instrumento didático na melhoria destas relações, pressupondo, principalmente, a facilidade de acesso às novas tecnologias e sua utilização dentro de um contexto pedagógico, sistêmico e metodológico, ou seja, utilizar as TIC dentro de uma intencionalidade. É importante ressaltar que o uso destas tecnologias em sala de aula não significa necessariamente ganho qualitativo no ensino e na aprendizagem.

Acerca destas concepções, Velanga (2014, p. 30) destaca que “não será simplesmente incorporando as novas tecnologias ao ensino, ou instrumentalizando técnica e materialmente alunos e professores que a qualidade de ensino vai melhorar inevitavelmente”. Percebe-se, então, que apenas os recursos tecnológicos não são suficientes para promoção educacional, sendo preciso a interferência do docente dentro desta dinâmica de ressignificação do saber.

As duas últimas proposições do Questionário Diagnóstico trazem perguntas acerca da melhor prática pedagógica, no entendimento dos estudantes, utilizada pelo professor e que poderia contribuir para a aprendizagem no Ensino de Física e, por fim, se o estudante teria alguma dificuldade em participar de aulas na disciplina de Física com práticas de simulação de experimentos por meio do simulador computacional *PhET*. A partir da natureza destes questionamentos (Apêndice E) foi criada outra subcategoria na categoria na categoria 1, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4: Subcategorias e Unidades de Registros da Categoria 1

Subcategorias	Unidades de Registro
1. Prática pedagógica utilizada pelo professor para o ensino de Física.	1. Quadro branco e livro didático.
	2. Jogos didáticos.
	2 Experimentos em laboratórios.
	4. Recursos digitais, como <i>softwares</i> educacionais para o ensino de Física.
	5. Outros.
2. Dificuldade em participar de experimentos de Física mediadas pelo uso das TICs.	1. Sim.
	2. Não
	3. Talvez.

Fonte: O autor (2021).

Tendo como base o levantamento das respostas dos estudantes na Proposição 8, acerca da prática pedagógica utilizada pelo professor de Física, que possivelmente iria colaborar com sua aprendizagem, tornou-se possível desenvolver as unidades de registro então descritas na Tabela 11, e ainda mensurar a frequência para as respostas nestas unidades. Esta questão teve uma abordagem objetivas em suas respostas, com 5 alternativas, onde cada estudante participante só poderia escolher uma única alternativa.

Tabela 11: Melhor Prática Pedagógica para o Ensino de Física

Unidades de registros	Frequências de respostas
Quadro branco e livro didático	02
Jogos didáticos	01
Experimentos em laboratórios	07
Recursos digitais, como simuladores computacionais educacionais para o Ensino de Física.	02
Outros	00

Fonte: O autor (2021).

A partir dos dados representados na Tabela 11, percebe-se que, dos 12 estudantes participantes da pesquisa, 7 entendem que as práticas experimentais nas aulas de Física podem contribuir de forma positiva para a aprendizagem. Este quantitativo representa 58,3% dos estudantes participantes. Este resultado apresenta um fato interessante, pois, percebe-se que a maioria dos estudantes visualizou a experimentação como uma importante atividade didática para a promoção do processo de aprendizagem.

Nota-se ainda, que 2 estudantes relataram que o quadro branco e o livro didático seriam mais interessantes para a aprendizagem, outros 2 discentes entendem que a inserção de softwares educacionais pode contribuir para o processo de construção do conhecimento e, por fim, apenas 1 estudante enxerga os jogos didáticos como um importante artefato enquanto estratégia didática em sala de aula. Um ponto a ressaltar é o fato de que na escola lócus da pesquisa não existem laboratórios de Física e de informática, nem tão pouco acesso à internet para os estudantes, o que inviabilizaria estas práticas experimentais dentro do ambiente escolar. A Tabela 12 apresenta as Unidades de Registros provenientes da análise das respostas dos estudantes à Proposição 9 do questionário, como também a frequência de respostas às respectivas unidades.

Tabela 12: Dificuldade em participar de experimentos de Física mediados pelo uso das TIC

Unidades de registros	Frequências de respostas
Sim	00
Não	08
Talvez	04

Fonte: O autor (2021).

Conforme os dados da Tabela 12 percebe-se que oito estudantes informam não terem qualquer dificuldade em participar de atividades experimentais na disciplina de Física mediada pelo uso das TIC. Este resultado traz uma importante observação, pois, mesmo a escola *lócus* da pesquisa não dispondo de laboratório de informática e acesso à internet para os estudantes, os mesmos se propõem em utilizar o recurso tecnológico (simulador computacional) para realizar experimentos de Física. Possivelmente a ausência de computadores e internet no ambiente escolar tenham influenciado na resposta de 4 discentes, alegando que talvez tivesse alguma dificuldade em utilizar as novas tecnologias para fins de experimentação. Por fim, nota-se que nenhum estudante retrata ter dificuldade frente a realização de experimentos realizados por meio do *PhET*.

4.3 DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NA RESOLUÇÃO DE QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A Categoria 2 foi gerada a partir da análise das respostas dos estudantes ao questionário de Avaliação da Aprendizagem (AA) (Apêndice F), realizado individualmente, após finalizada as atividades experimentais acerca de Força e Movimento, utilizando-se como artefato tecnológico o simulador computacional *PhET* durante as aulas síncronas na disciplina de Física. Esta categoria apresenta as mesmas subcategorias e unidades de registros da categoria 1, contudo, para a categoria 2, foi analisada as respostas dos estudantes ao mencionado questionário, com o objetivo de evidenciar a aprendizagem significativa. O Quadro 5 descreve as subcategorias e as unidades de registro provenientes da análise das respostas dos indivíduos a este questionário.

Quadro 5: Subcategorias e Unidades de Registro da Categoria 2

Subcategorias	Unidades de Registro
1.Acertos na resolução das proposições.	Acerto com registro de explicação
	Acerto sem registro de explicação
2.Erros na resolução das proposições.	Erro com registro de explicação
	Erro sem registro de explicação
3.Proposições sem respostas.	Questões sem respostas

Fonte: O autor (2021).

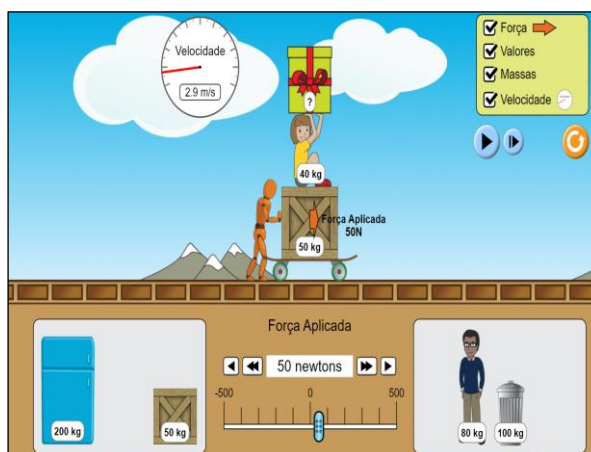
A partir do mapeamento das respostas dos estudantes à pergunta 1 do questionário de Avaliação da Aprendizagem (AA), foi possível elaborar as Unidades de Registros presentes na Tabela 13, como também inferir a frequência de respostas para estas unidades.

Tabela 13: Desempenho dos estudantes na Proposição 1 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	07
Acerto sem registro de explicação	01
Erro com registro de explicação	02
Erro sem registro de explicação	02
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A partir da Tabela 13, podemos perceber que oito estudantes responderam corretamente a Proposição 1. Destes oito, sete apresentaram registro de explicação e apenas um não justificou sua resposta. Estes estudantes puderam entender o questionamento proposto, observando os dados descritos na simulação do *PhET* sobre Movimento (Figura 15), então ilustrado na proposição, que abordava os conceitos relativos a Força, Movimento, Velocidade e Massa, questionando, principalmente, se a Massa interfere diretamente na Velocidade do móvel na ausência da Força de Atrito.

Figura 15- Simulação “Movimento” no simulador *PhET*

Fonte: phet.colorado.edu

Os outros quatro discentes erraram suas respostas na proposição, dois destes registraram suas respostas, enquanto que os outros dois não fizeram qualquer registro de explicação, ou seja, o estudante não conseguiu compreender as relações de Movimentos, mesmo após a utilização de experimentos físicos com o uso do *PhET*. Na Tabela 14 está representada as frequências de acertos e erros analisados na Proposição 2 do questionário de Avaliação de Aprendizagem (AA).

Tabela 14: Desempenho dos estudantes na Proposição 2 do Questionário AA

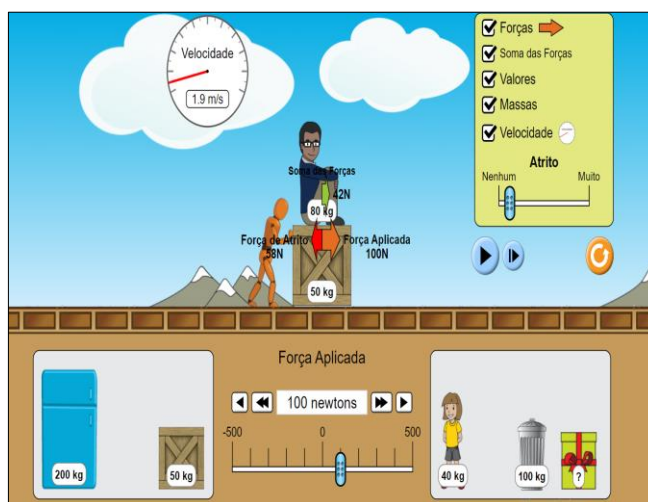
Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	09
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	00
Erro sem registro de explicação	03
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

De acordo com a Tabela 14, nota-se que dos doze estudantes investigados, nove acertaram a resposta da Proposição 2 e três erraram a pergunta. Os estudantes E8, E9 e E11 não compreenderam as relações conceituais acerca da Força de Atrito. No levantamento feito inicialmente a partir do questionário diagnóstico não foi identificado o subsunçor Força para os estudantes E8 e E9, refletindo no erro de resposta a esta questão. Entre os estudantes que acertaram, todos apresentaram corretamente os registros de resposta, demonstrando desta forma

que os mesmos conseguiram entender os conceitos e relações entre as variáveis força e massa, como também que a Força aplicada sobre o caixote não foi suficiente para deslocar o mesmo, principalmente em razão da Força de Atrito, contrária ao deslocamento. Na Figura 16 está representada a simulação “Atrito” a partir do simulador *PhET*.

Figura 16- Simulação “Atrito” no simulador *PhET*



Fonte: phet.colorado.edu

Nota-se ainda, que a partir das simulações visualizadas pelos estudantes no *PhET*, foi possível perceber como cada grandeza envolvida no experimento pode interferir no comportamento do evento físico, pois, nesta simulação foi possível modificar a Força de Atrito, a massa à ser deslocado e a força aplicada sobre o corpo. A Tabela 15 mostra a frequência de respostas dos discentes à pergunta 3 do questionário Avaliação da Aprendizagem (AA), que resultou nas unidades de registro referentes à frequência com que os estudantes entendem conceitualmente as grandezas Força e Movimento.

Tabela 15: Desempenho dos estudantes na Proposição 3 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	08
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	04
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

Analisando os dados representados na Tabela 15, é possível perceber que oito estudantes responderam a proposição 3 de forma assertiva, registrando suas respostas corretamente, enquanto que os outros quatro discentes (E1, E8, E9 e E11) restantes responderam de forma incorreta, descrevendo equivocadamente o registro enquanto resolução. No questionário diagnóstico estes estudantes também responderam incorretamente esta pergunta, ou seja, mesmo após as intervenções com as experimentações do *PhET* os discentes não conseguiram compreender conceitualmente as relações existentes entre as grandezas físicas Força e Movimento, bem como de que forma estas forças podem interferir no deslocamento de uma corpo sobre uma superfície horizontal.

Inicialmente os discentes E2 e E7 responderam descreveram corretamente o conceito relativo à Força de Atrito, indicando que a mesma exerce uma ação contrária ao movimento dos corpos, porém, nos registros das respostas descreveram erroneamente como se dava este processo. Nota-se, então, que os estudantes que conseguiram responder corretamente esta proposição puderam correlacionar de forma conceitual e prática seus entendimentos sobre as grandezas físicas Força e Movimento, evidenciadas durante as simulações com o simulador *PhET* nas aulas síncronas da disciplina de Física. A Figura 17 mostra os registros de explicação dos estudantes E2 e E7, respectivamente.

Figura 17- Registros de respostas na Proposição 3

<p>De acordo com Newton, uma força imprimida é uma ação exercida sobre um corpo a fim de modificar o seu estado, seja de repouso ou de movimento uniforme para frente em linha reta.</p>	<p>A força é uma das principais grandezas estudadas em Física, e sua definição geralmente está associada a ações como puxar, chutar, empurrar e arrastar, o que transmite a ideia de coexistência entre a força e movimento. Por mais que esses verbos realmente expressem a ideia dessa grandeza vetorial, nem sempre isso é feito de forma completa.</p>
--	--

Fonte: O autor (2020).

A partir dos registros das respostas dos estudantes nas três primeiras questões do questionário de Avaliação da Aprendizagem (AA), é possível evidenciar algumas características que permitem inferir em Aprendizagem Significativa, quando comparadas às devolutivas de respostas as proposições do questionário diagnóstico, tendo em vista, principalmente, na forma de organização conceitual com que as respostas foram descritas. Como já tínhamos identificado os conhecimentos prévios dos estudantes acerca das grandezas físicas Força e Movimento,

buscamos organizar estes saberes (subsunçores), propondo que os estudantes pudessem relacionar os conhecimentos prévios com as “novas” experiências abordadas com o simulador computacional *PhET* nas aulas de Física.

Acerca destas concepções, (MOREIRA, 2011), ressalta que a aprendizagem significativa é proveniente de uma interação sistêmica e organizada cognitivamente entre os novos conhecimentos e os saberes prévios (subsunçores) especificamente relevantes, ou seja, por meio de sucessivas interações um determinado subsunçor vai, de modo progressivo, adquirindo novos significados, diferenciado daqueles saberes inicialmente adquiridos, possibilitando que estes novos conhecimentos sirvam de ancoradouro para novas Aprendizagens Significativas.

A Proposição 4 traz um questionamento conceitual e prático sobre as possíveis relações entre as variáveis Força e Velocidade, propondo que o estudante indique resposta de forma objetiva, justificando necessariamente seu posicionamento, tanto para os casos positivo quanto negativo. Nesta proposição, é questionado qual o nome da força, solicitando que os estudantes marquem uma alternativa entre as cinco apresentadas. Como resolução os discentes deveriam inicialmente se posicionar afirmando o questionamento e em seguida relatando alguma interação entre as mencionadas grandezas físicas. Na Tabela 16 está representada as frequências de acertos e erros na Proposição 4.

Tabela 16: Desempenho dos estudantes na Proposição 4 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	10
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	02
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

Nota-se, a partir dos dados da Tabela 16, que dez estudantes responderam de forma assertiva a Proposição 4, enquanto que os estudantes E8 e E9 indicaram erroneamente suas respostas. Estes dois estudantes não registraram corretamente suas respostas nesta questão tanto no questionário 1, como também no questionário 2. Dentre os que acertaram as respostas, todos descreveram de forma contundente as principais relações existentes entre as grandezas físicas

Força e Movimento, como a força pode modificar a velocidade e, por fim, relataram inferências acerca de causa e consequência para estas variáveis.

Os dois estudantes restantes não apresentaram registros de respostas convincentes, descrevendo apenas como as grandezas Força e Movimento se incluem dentro de um único contexto, definidos por eles como corpo. Na Figura 18 estão representados os registros da resolução dos estudantes E1 e E4, utilizando-se de descrição dissertativa, apresentando seus entendimentos acerca das interações existentes entre Força e Movimento, caracterizando como acerto com registro de explicação e erro sem registro de explicação, respectivamente.

Figura 18- Registros de respostas na Proposição 4

<p>Sim tem relação, força e velocidade andam lado a lado, uma massa só vai ter velocidade se nela aplicarmos força, e com a força a massa vai ganhar velocidade para um “destino”.</p>	<p>Sim, pois as duas são proporcionadas pelo corpo.</p>
--	---

Fonte: O autor (2020).

A Proposição 5 faz um questionamento aos estudantes sobre o conceito de Massa de um corpo e como esta variável física pode influenciar na variação de velocidade destes corpos. Como resposta, os estudantes deveriam descrever que massa seria a quantidade de matéria presente em um corpo e que a quantidade de matéria pode ser entendida como inversamente proporcional a velocidade, ou seja, quanto maior a Massa, menor a Velocidade adquirida pelo corpo. Na Tabela 17 está representado o registro das frequências das repostas dos estudantes para esta Proposição.

Tabela 17: Desempenho dos estudantes na Proposição 5 do Questionário AA

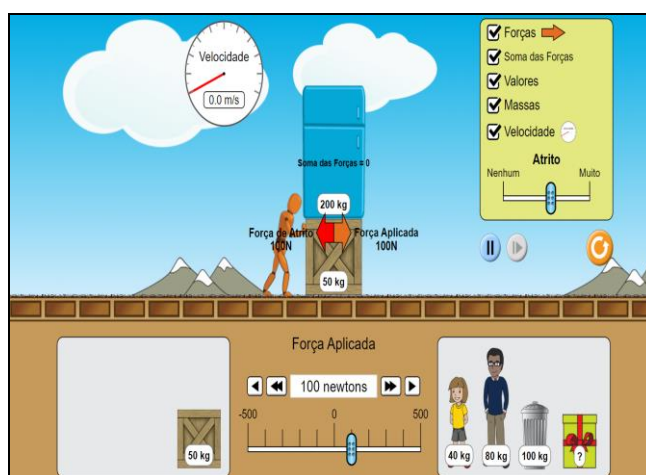
Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	06
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	04
Erro sem registro de explicação	02
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A partir da Tabela 17, percebe-se que seis estudantes acertaram a resposta da proposição, com registros de explicações conceituais condizentes para Força de Atrito, como também abordaram de forma clara que esta Força pode atuar na variação da velocidade de um corpo, ou seja, trouxeram registros de que quanto mais intensa a Força de Atrito na superfície de contato, maior será a resistência e, por consequência, menor a velocidade.

Sendo assim, pode-se inferir que os estudantes E2, E4, E5, E6, E8 e E10 compreenderam, a partir subsunçores Força de Atrito de Velocidade, que a Força de Atrito atua contrariamente ao movimento e à velocidade. O uso do simulador *PhET* possibilitou aos estudantes, através da simulação “Atrito” que pudessem fazer estas observações de forma experimental, variando as variáveis envolvidas e analisando suas possíveis causas. A Figura 19 apresenta esta simulação com o *PhET*.

Figura 19- Simulação “Atrito” no simulador *PhET*



Fonte: phet.colorado.edu

Os estudantes E1, E9, E11 e E12 apresentaram em suas respostas erro com registro de explicação, ou seja, apesar de terem indicado a alternativa certa, não justificaram corretamente a explicação. Já os estudantes E3 e E7 além de não terem indicado como resposta a alternativa correta, não descreveram qualquer registro de explicação.

Estes seis discentes indicaram seus registros de respostas diferente daquelas então entendidas como correta, pois, além de não definirem as principais características que norteiam a Força de Atrito, não relacionaram a mesma com a variável velocidade nem como esta pode sofrer mudanças em razão da superfície de contato. Estes estudantes não perceberam a existência da relação entre as grandezas físicas Força de Atrito e Velocidade, tanto nas descrições do questionário diagnóstico, como também no Questionário Avaliação da Aprendizagem. A Figura

20 ilustra os registros de respostas assertiva do estudante E8 e erro sem registro de explicação do estudante E3, respectivamente.

Figura 20- Registro de respostas na Proposição 5

<p>A força de atrito surge em sentido contrário ao movimento de um objeto. Ela pode ser estática, se o objeto está em repouso, ou dinâmica, se o objeto está em movimento.</p>	<p>Não sei essa professor.</p>
--	--------------------------------

Fonte: O autor (2020).

A partir dos registros de resposta do estudante E2, percebe-se uma aprendizagem significativa acerca de Força de Atrito, levando-se em consideração seus registros de resposta no questionário diagnóstico. Utilizando-se do ancoradouro cognitivo Força, acrescentou à esta a grandeza física Movimento, ou seja, compreendendo que a Força atua diretamente para mudanças ou variação de Movimentos, identificando ainda, que a Força de Atrito atua contrariamente à estes movimentos, refletindo por consequência na mudança de velocidade. O discente ainda conseguiu agregar em seus registros de respostas os conceitos sobre as Forças de Atrito estática e dinâmica.

É importante ressaltar, que durante as aulas síncronas com os estudantes, foi abordado apenas os conceitos e aplicações referentes a Força de Atrito enquanto componente curricular, se abstendo dos conceitos da Força de Atrito estática e dinâmica, a partir do simulador *PhET*. Evidencia-se, então, no estudante E2, a aprendizagem por descoberta. Esta forma de aprendizagem tem como característica principal o fato do conteúdo a ser aprendido não ser dado, *a priori*, pelo professor e, sim, ser descoberto pelo estudante antes que possa ser, ou não, significativamente incorporado à sua estrutura cognitiva (AUSUBEL, NOVAK e HANESIEN, 1980). Contudo, esta aprendizagem só será significativa “se o conteúdo descoberto se relacionar a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA e MASINI, 2005, p. 19).

A proposição 6 trata inicialmente de uma definição conceitual sobre Aceleração e, em seguida, pergunta se existe alguma relação entre esta variável e a Velocidade. Nos casos afirmativos ou de negação o estudante deveria justificar sua resposta. A resolução desta pergunta consiste em abordar de forma conceitual ou prática o contexto da Aceleração, identificando ou

não sua interação com a Velocidade. A Tabela 18 mostra o resultado da frequência de respostas dos estudantes a mencionada proposição.

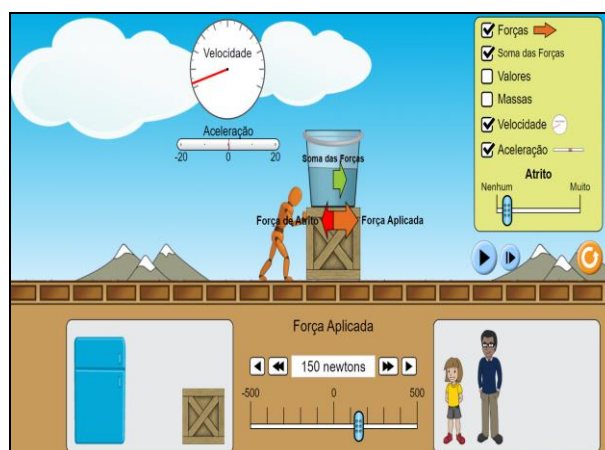
Tabela 18: Desempenho dos estudantes na Proposição 6 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	09
Acerto sem registro de explicação	03
Erro com registro de explicação	00
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

Nota-se pela Tabela 18 que todos os doze estudantes acertaram a resposta da proposição, sendo que nove registraram suas descrições, enquanto que os três restantes (E3, E7 e E12) não fizeram qualquer registro de explicação. Estes nove discentes perceberam que a resolução da pergunta envolvia um entendimento acerca de Aceleração, podendo se utilizar como resposta, tanto o contexto prático, conceitual ou a partir de uma representação matemática. Na Figura 21 está representado a simulação “Aceleração” do simulador *PhET*, então trabalhada com os estudantes durante os momentos síncronos. Nesta simulação é possível manipular as variáveis Força aplicada e Força de atrito, como também a Massa, e por consequência, as variações simultâneas da Aceleração e da Velocidade.

Figura 21- Simulação “Aceleração” no simulador *PhET*



Fonte: phet.colorado.edu

A partir das simulações “Aceleração” no simulador *PhET*, foi possível evidenciar experimentalmente como a variável aceleração estabelece uma estreita relação com a velocidade, pois, à medida que se modificava a Força aplicada e a intensidade da Força de atrito (rugosidade da superfície de contato), os valores relativos a Aceleração e Velocidade se alternavam. Estas simulações contribuíram para a aprendizagem dos estudantes, pois inicialmente, para este mesmo questionamento, os estudantes E1, E2, E4, E5, E6, E7, E8 e E9, já tinham registrados me suas respostas algum entendimento acerca destes conteúdos. Na Figura 22 está representado o registro de resposta do estudante E1.

Figura 22: Registro de resposta na Proposição 6

Sim, quando aplicamos uma força ela consequentemente vai ganhar velocidade e como a velocidade e a aceleração andam juntas a aceleração vai cada vez aumentando.

Fonte: O autor (2020).

A Proposição 7 trata de um questionamento acerca da primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia. A resolução desta questão consiste em descrever de forma conceitual ou prática que haja ao menos alguma Força Resultante não nula atuando sobre um corpo, esse deverá manter-se em repouso ou se mover ao longo de uma linha reta com velocidade constante, capaz ou não de produzir nos corpos uma aceleração.

A Tabela 19 demonstra o resultado do desempenho dos estudantes nesta proposição e a frequência de respostas, a partir das unidades de registros então determinadas.

Tabela 19: Desempenho dos estudantes na Proposição 7 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	07
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	04
Erro sem registro de explicação	01
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

Percebe-se, a partir da Tabela 19, que sete estudantes acertaram a resposta, registrando corretamente sua justificativa, enquanto que os outros cinco restantes não responderam corretamente a proposição. Dentre estes, os estudantes E3, E7, E9 e E11, registraram com erro a indicação da proposição como também as descrições explicativas. Já o estudante E12 indicou incorretamente a proposição e não apresentou qualquer registro de explicação. Estes registros nos permitem deduzir que os estudantes que responderam assertivamente conseguiram entender a partir das simulações do *PhET* (Figura 21), que se faz necessário a existência de uma Força resultante diferente de zero para que os corpos mudem seu estado inercial, seja de repouso ou de movimento. A Figura 23 traz o registro correto das respostas dos estudantes E2 e E10, respectivamente.

Figura 23: Registros de respostas na Proposição 7

<p>A primeira lei de Newton, também conhecida como lei da inércia, estabelece que, se a força resultante sobre um corpo for nula (igual a zero), esse corpo estará em repouso ou em movimento retilíneo</p>	<p>Lei da inércia afirma que todo corpo permanece em estado de repouso ou em movimento retilíneo e uniforme com as forças que atuam sobre ele se anulam.</p>
---	--

Fonte: O autor (2020).

Esta pergunta foi abordada inicialmente no questionário diagnóstico. Objetivando avaliar a aprendizagem dos estudantes após as intervenções didáticas com as simulações interativas do *PhET*. A questão conceitual de caráter teórico, acerca desta Lei, foi retratada durante o primeiro encontro síncrono, afim de que os discentes pudessem ter conhecimento do componente

curricular a ser ilustrado nas simulações, na perspectiva de se contemplar os organizadores prévios. Os estudantes E2 e E10 descreveram inicialmente no questionário diagnóstico as concepções teóricas acerca da 1ª Lei de Newton, contudo, em suas respostas não foi encontrado registros de como as Forças então presentes se relacionam.

Conforme menciona Moreira (2011), estes organizadores têm objetivo de atuar como um conectivo entre o que o estudante já tem conhecimento e o que deveria saber, a fim de que a nova proposta didática venha ser ancorada de modo significativo. Nesta perspectiva, os organizadores prévios são interessantes cognitivamente por facilitarem a aprendizagem, assumindo um o papel de “pontes” cognitivas. A Proposição 8 faz uma abordagem afirmativa sobre a existência de uma Força que atua de forma contrária ao deslocamento de um corpo e que insere sobre este corpo uma resistência, principalmente pela superfície de contato. Nesta proposição foi inicialmente feita uma definição conceitual, propondo aos estudantes que os mesmos pudessem identificar de forma objetiva qual seria esta Força. Como resposta, os estudantes deveriam marcar a alternativa que descreve a Força de Atrito. A Tabela 20 mostra a frequência de respostas dos estudantes a mencionada proposição.

Tabela 20: Desempenho dos estudantes na Proposição 8 do Questionário AA

Registros	Frequências de respostas
Acerto	04
Erro	08

Fonte: O autor (2021).

A partir da Tabela 20 é possível perceber que apenas quatro estudantes acertaram a resposta da Proposição 8, a partir das indicações na proposição. Desta forma, pode-se inferir que estes estudantes compreenderam das alternativas então descritas para o questionamento proposto, pois a única que se contemplava conceitualmente correta era a Força de Atrito. As simulações sobre a Força de Atrito realizadas no simulador *PhET* contribuíram para a aprendizagem dos estudantes, pois, inicialmente, muitos destes discentes não conseguiram descrever corretamente sobre as principais características que regem esta Força. A partir desta assimilação de conceitos, então evidenciada, é possível que o estudante progrida cognitivamente na perspectiva de novos saberes.

Para Moreira e Masini (2005, p. 25), “mesmo após o aparecimento do significado, a relação entre as ideias-âncora e as assimiladas, permanece na estrutura cognitiva”. Entende-se

que o processo da aprendizagem significativa acontece de forma contínua, permitindo que os estudantes possam adquirir novos conhecimentos a partir de subsunçores mais estruturados cognitivamente.

A Proposição 9 traz uma pergunta semelhante ao feito inicialmente no questionário diagnóstico. Esta questão relata de modo afirmativo que na 1ª Lei de Newton os corpos em movimento tendem a se manter em movimento, como também, dos corpos que estão em repouso, se manterem parados.

Por fim, baseado neste contexto, se questiona qual a finalidade do cinto de segurança, então utilizado pelos motoristas nos automóveis, em situações de colisão. Esta proposição faz referência ao Princípio da inércia, desta forma, os estudantes deveriam relatar como resposta que o cinto de segurança tem a finalidade de manter o corpo do motorista preso ao banco do carro, no momento da colisão, já que o corpo do motorista tende a se manter na direção e velocidade então adquirida pelo automóvel. A Tabela 21 demonstra os registros de acertos e erros dos estudantes ao responderem à pergunta.

Tabela 21: Desempenho dos estudantes na proposição 9 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	08
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	03
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	01

Fonte: O autor (2021).

Nota-se pela Tabela 21 que oito estudantes acertaram a resposta da proposição, registrando suas respectivas explicações. Estes oito conseguiram identificar que a resposta ao questionamento proposto abordava o comportamento que os corpos adquirem por estarem dentro do automóvel e que, no caso de uma colisão, o cinto de segurança iria minimizar os possíveis danos físicos ocasionados pelo impacto, já que a tendência do corpo do motorista seria de se manter em movimento. A Figura 24 demonstra o registro de resposta do estudante E1, realizada corretamente.

Figura 24: Registro de resposta na Proposição 9

Quando entramos em um carro e o carro está em movimento a tendência do carro e continuar em movimento, mais com o sinto de segurança a tendência do motorista é ficar parado para que em uma colisão o motorista continue parado e protegido.

Fonte: O autor (2020).

Analisando os registros de resposta do estudante E1, é possível identificar que o mesmo consegue relacionar os conceitos teóricos ao contexto cotidiano, pois, entende que a partir dos fundamentos de regem a 1ª Lei de Newton, os corpos em movimento tendem em se manter em movimento, e nas situações em que esteja em repouso, permanecerá parado. Neste contexto, pode-se inferir que houve aprendizagem significativa, quando comparados aos registros de respostas então descritos pelo estudante no primeiro questionário (diagnóstico) ao registro de resposta a esta proposição.

Além do estudante E1 ter descrito a resposta de forma assertiva, também trouxe uma abordagem contextualizada e fundamentada teoricamente. É importante ressaltar, que os novos conhecimentos adquiridos pelos estudantes não se acumulam uns sobre os outros, mais sim, organizam-se cognitivamente, formando uma estrutura complexa e crescente. Para Moreira e Masini (2005) tais estruturas são a base interpretativa dos fenômenos que o sujeito observa no mundo e o início para elaborar estratégias que possam interferir sobre um contexto real.

A Proposição 10 envolve um questionamento acerca da existência das relações entre as grandezas físicas Aceleração e Velocidade. Para as respostas afirmativas ou de negação, o estudante deveria descrever sua justificativa. A questão consiste em identificar as principais afinidades entre as variáveis então mencionadas e de que forma a Aceleração interfere nas variações de velocidade. A Tabela 22 traz a frequência de respostas dos estudantes na Proposição 10.

Tabela 22: Desempenho dos estudantes na proposição 10 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	06
Acerto sem registro de explicação	05
Erro com registro de explicação	00
Erro sem registro de explicação	01
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A partir da Tabela 22 percebe-se que seis estudantes responderam a proposição acertadamente, registrando suas justificativas enquanto respostas. Estes seis estudantes conseguiram compreender que a resposta ao questionamento envolvia inicialmente uma posição afirmativa, e justificando que as variáveis Aceleração e Velocidade atuam em condição de dependência, pois, para que exista varia de velocidade se faz necessário que uma aceleração seja inserida. Na Figura 25 estão ilustrados os registros de repostas dos estudantes E1 e E9 realizados de forma assertiva, respectivamente.

Figura 25: Registros de repostas na Proposição 10

<p>Sim, quando aplicamos uma força ela consequentemente vai ganhar velocidade e como a velocidade e a aceleração andam juntas a aceleração vai cada vez aumentando.</p>	<p>Sim as duas estão relacionadas, quando falamos em aceleração logo pensamos em velocidade exemplo: um carro para ele obter velocidade temos que acelerar.</p>
---	---

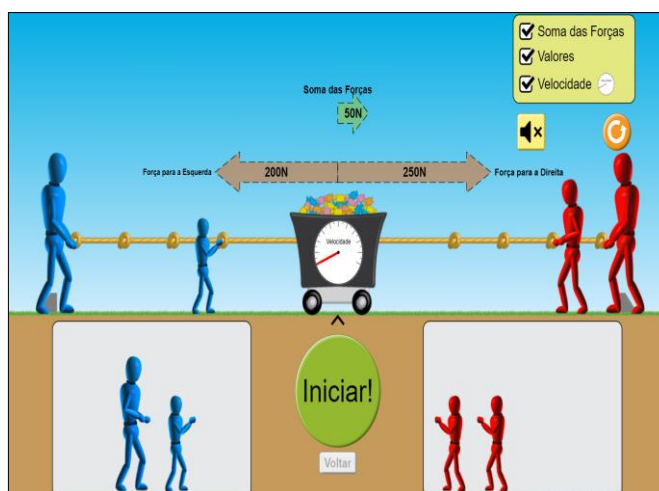
Fonte: O autor (2020).

Analisando os relatos de repostas dos estudantes na Proposição 10, é possível perceber que as atividades de simulações computacional realizadas no *PhET* contribuíram para uma aprendizagem significativa, admitindo como referência os dados de respostas destes estudantes então descritos inicialmente no questionário diagnóstico. Os estudantes conseguiram agregar em suas resoluções evidências que relacionam a interação entre velocidade e aceleração, incorporando ainda situações prática.

Segundo Miranda e Bechara (2004), as simulações possibilitam colaborar para o desenvolvimento da capacidade de vincular conceitos abstratos gerais da Física, na medida em que dar condições para que o estudante investigue a realidade a partir de suas próprias observações no simulador, ocasionando modificações de cunho específico e analisando suas consequências. A apropriação desses conhecimentos pelos estudantes é fundamental para que novos saberes possam ser incorporados em sua estrutura cognitiva, permitindo que através destes conteúdos curriculares construam significados, base da Aprendizagem Significativa.

A Proposição 11 é referente à simulação com o “Cabo de guerra” realizado no simulador *PhET*. A partir das representações descritas na Figura 26, sob uma abordagem acerca das variáveis Força e Movimento, é questionado se o carrinho permanecerá parado (Repouso) ou em Movimento e, caso o carrinho adquira Movimento, qual será o sentido do seu deslocamento.

Figura 26: Experimento “Cabo de guerra” no simulador *PhET*



Fonte: phet.colorado.edu

Nesta proposição os estudantes também deveriam levar em consideração a distância dos “bonecos” em relação ao “carrinho”, além de observar os valores da Força Resultante aplicada em cada um dos lados do mesmo, conforme ilustrado na figura. A Tabela 23 mostra as frequências dos acertos e erros na Proposição 11.

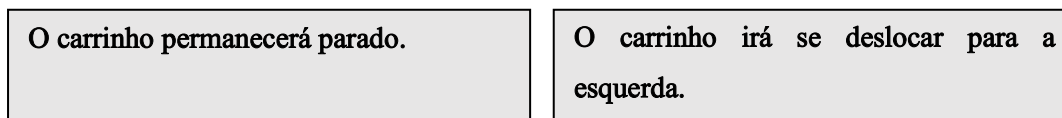
Tabela 23: Desempenho dos estudantes na proposição 11 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	03
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	09
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A resolução da Proposição 11 consiste em identificar que o “carrinho” irá adquirir movimento com o sentido para direita, tendo em vista o resultado da Soma das Forças de atuação sobre ele, em seus respectivos lados. A partir da Tabela 23 percebe-se que apenas três estudantes registraram suas respostas de forma correta. Os discentes E2, E9 e E10 perceberam que a Força Resultante (\vec{F}_r) ou Soma das Forças que atuam sobre o “carrinho” era de 50 Newtons (N) para a direita, provocando neste um deslocamento com sentido para a direita, conforme os dados descritos na Figura 26. Este questionamento não foi abordado inicialmente no questionário diagnóstico, tendo em vista que esta pergunta traz uma relação de interpretação com uma experimentação no simulador *PhET*. Os nove estudantes restantes não responderam corretamente a proposição, apesar de terem registrado as explicações em suas respostas.

Identifica-se que estes discentes mesmo entendendo que o “carrinho” iria adquirir movimento, não compreenderam que o somatório das Forças aplicadas do lado direito deste móvel foi maior que a do sentido contrário, deslocando-se, por consequência para o lado direito. Os mesmos não relacionaram o subunçor Força com sua respectiva intensidade e distância em que foi aplicada, quando tomado como referência o “carrinho”. Em questões anteriores deste mesmo questionário, os estudantes E4, E5, E6 e 11, indicaram e registraram corretamente suas explicações quando perguntados sobre os conceitos e aplicações da Força Resultante, levando-nos à acreditar que os mesmos também apresentaram dificuldades de interpretação nesta proposição. A Figura 27 mostra os erros no registro de explicação dos estudantes E2 e E8.

Figura 27: Registros de respostas na Proposição 11

Fonte: O autor (2020).

A partir dos registros dos estudantes E2 e E8, percebe-se que os mesmos entenderam que o “carrinho” iria adquirir um movimento, porém, não conseguiram relacionar que o somatório das Forças aplicadas sobre o “carrinho” implicaria no sentido do movimento, deslocando-o para a direita, tendo em vista as definições conceituais sobre a \vec{F}_r . Apesar da quantidade de registros de respostas incorretas serem maior que as registradas assertivamente, cabe inferir que as simulações do “Cabo de guerra” realizadas no simulador *PhET* colaboraram para a aprendizagem dos estudantes, entendendo que os mesmos desenvolveram relatos e indicações de respostas vinculadas as atividades de simulação, antes retratada apenas sob uma perspectiva teórica.

As experimentações no simulador *PhET* proporcionaram aos estudantes observar os fenômenos, fazendo com que eles possam refletir com maior afinidade sobre os conceitos, minimizando as possíveis dificuldades existentes entre teoria e prática. Estes artefatos tecnológicos podem colaborar para a aprendizagem no contexto educacional, conforme menciona Souza (2015, p. 19):

Acreditamos que as simulações computacionais são recursos pedagógicos valiosos que facilitam a aprendizagem e podem auxiliar a desmistificar a imagem a física no âmbito escolar, como uma disciplina difícil, que contém apenas fórmulas, um ramo da Matemática. Outro ponto que devemos salientar é familiaridade e o interesse desta geração atual de estudantes com aplicativos e atividades computacionais que geralmente fazem parte do cotidiano de muitos.

Contudo, vale salientar que as simulações computacionais não devem substituir por completo as atividades experimentais concretas realizadas nos laboratórios de Ciências.

A Proposição 12, último da lista de questões a serem respondidas pelos estudantes, aborda a análise conceitual de uma situação em que o resultado das Forças que atuam sobre um corpo é nula ($\vec{F}_r = 0$), solicitando aos estudantes que respondam sobre o comportamento deste móvel, destacando se o mesmo irá adquirir velocidade, movimento na direção horizontal, repouso ou não estar em movimento e, por fim, nenhuma das alternativas, a partir da

consequente relação entre as Forças envolvidas. Na Tabela 24 está representada a frequência de respostas dos estudantes a partir das unidades de registros então determinadas.

Tabela 24: Desempenho dos estudantes na proposição 12 do Questionário AA

Unidades de registros	Frequências de respostas
Acerto com registro de explicação	08
Acerto sem registro de explicação	00
Erro com registro de explicação	04
Erro sem registro de explicação	00
Questões sem respostas	00

Fonte: O autor (2021).

A Proposição 12 terá como resposta a indicação de que em situações onde a Soma das Forças que atuam sobre um corpo seja igual à zero os corpos tendem em se manter em repouso, ou seja, deveriam descrever que o corpo ficaria em repouso ou não iria adquirir movimento. A partir da Tabela 24 nota-se que oito estudantes responderam corretamente suas respostas, com registro de explicação, permitindo indicar que os estudantes conseguiram compreender que para um corpo adquirir algum movimento se faz necessário que o resultado das forças que atua sobre ele seja maior que zero. Os outros quatro estudantes responderam erroneamente, indicando suas explicações diferentemente do contexto tido como correto. Os estudantes também poderiam buscar um raciocínio baseado no contexto matemático, ou seja, a partir de fórmulas representativas para a Força resultante.

É importante mencionar que no decorrer das 12 Proposições trabalhadas com os estudantes, foi possível encontrar registros de respostas tanto no contexto conceitual como prático, como também expressos a partir de representações matemáticas, mesmo que me sua minoria. Neste contexto, entende-se que os estudantes buscaram caminhos distintos para as suas resoluções, trazendo suas interpretações e raciocínios, deixando evidente sua aprendizagem em relação a cada componente curricular na proposição a ser respondida. A Aprendizagem significativa também pode ser encontrada nos dados apresentados pela Tabela 2, que ilustra a quantidade de questões respondidas corretamente pelos estudantes antes e após o uso do simulador *PhET*. No caso dos estudantes E2 e E9, o número de acertos no Questionário Avaliação da Aprendizagem, ou seja, depois das intervenções com o *PhET*, foram duas e três vezes maior, respectivamente, quando comparados aos acertos no Questionário diagnóstico. Na

Figura 28 está ilustrada a descrição dos registros de respostas do estudante E2, frente à Proposição 3, nos Questionários Diagnóstico e de Aprendizagem, respectivamente.

Figura 28: Registros de respostas do Estudante E2 na Proposição 4 nos QD e AA

<p>Sim para que possa ter o deslocamento.</p>	<p>Sim, quanto mais força eu colocar, mais velocidade eu terei. Quanto menos força eu colocar menos força eu terei.</p>
---	---

Fonte: O autor (2020).

A Proposição 4 traz a mesma abordagem, questionando sobre a possibilidade de alguma relação entre as grandezas físicas Força e Velocidade, e nos casos de afirmação ou negação, o estudante deveria justificar sua resposta. No Questionário Diagnóstico (QD) o estudante E2 responde a pergunta de modo afirmativo, justificando que a relação entre Força e Velocidade é necessária “para que possa ter o deslocamento”. No Questionário Avaliação da Aprendizagem (AA), o estudante também responde de modo afirmativo, contudo, seus registros de explicação traz uma correlação mais ampla e conceitual sobre as relações entre Força e Velocidade, indicando que “quanto mais força eu colocar, mais velocidade eu terei”. Na simulação “Aceleração” do *PhET*, os estudantes puderam observar estas interações. Este pesquisador utilizava em diferentes objetos do simulador, forças com distintas intensidades, com o objetivo de que os discentes pudessem entender que a Velocidade mantém uma estreita relação física com a Força que está sendo aplicada sobre um determinado móvel.

De forma geral os estudantes apresentaram desempenho satisfatório, pois, obtiveram uma evolução positiva tanto na quantidade de registros de acertos, como também na forma como as explicações foram apresentadas, quando comparamos o questionário diagnóstico ao de avaliação da aprendizagem. Assim, pode-se inferir que a utilização das simulações de Física sobre Força e Movimento no simulador *PhET* contribuiu na perspectiva da Aprendizagem Significativa para a maioria dos estudantes participantes deste estudo.

A utilização de simulações virtuais no ensino de Física possibilita ao estudante desenvolver a compreensão de conceitos, e levá-lo a participar efetivamente no seu processo de aprendizagem, possibilitando-o estabelecer relações entre os conteúdos curriculares e o seu cotidiano. Nesta perspectiva, Valente (2013) destaca que situações vivenciadas no dia-a-dia podem ser evidenciadas a partir do simulador *PhET*, fornecendo condições que permitem

diferentes representações de fenômenos, criando condições para que os estudantes confrontem os conceitos teóricos então abordados.

Utilizando-se dos dados então coletados e da análise dos mesmos, conclui-se que os resultados deste estudo se mostraram satisfatórios, tendo em vista a participação dos estudantes durante os encontros síncronos com uso do simulador *PhET*, da colaboração mútua entre os estudantes, como também entre o professor e os discentes, a aprendizagem foi evidenciada. Esta pesquisa ainda indica que os estudantes apresentam dificuldades frente a questionamentos de cunho interpretativo sobre os fenômenos físicos, e que possivelmente seja necessárias intervenções pedagógicas no sentido de desenvolver nesses sujeitos habilidades que os permitam entender e solucionar os questionamentos.

Além disso, este trabalho traz elementos que possibilita inferir no que já foi destacado pelos estudos realizados por Dorneles (2010), Soares (2013), Souza (2015), Campos (2017) e Ribeiro (2020) a partir dos achados de suas pesquisas: a utilização de *PhET* no processo de aprendizagem permite que os estudantes tenham maior interesse em estudar Física; assumam um papel de protagonismo nestes processos; relacionam os conceitos teóricos à prática, evidenciando fenômenos físicos numa perspectiva da simulação, refletindo à luz do conhecimento científico e colaborando para um melhor desenvolvimento cognitivo frente a aprendizagem significativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das TIC no contexto escolar nos traz reflexões acerca da forma como se dá o processo de aprendizagem na disciplina de Física a partir da inserção destes artefatos tecnológicos enquanto estratégia didática. Neste sentido, propondo responder o problema: De que modo o uso do simulador PhET nos conteúdos de Força e Movimento como material didático pode contribuir para a aprendizagem significativa? Foi elaborado, enquanto Produto Técnico-Tecnológico (PTT), a sequência didática intitulada “Força e Movimento”, a partir dos dados obtidos e analisados. A partir dos registros de respostas dos estudantes aos questionários, foi possível evidenciar que houve a Aprendizagem Significativa, pois, as descrições traziam inicialmente o uso de subsunçores que serviram de ancoradouros para “novos” conhecimentos, conforme ilustra as Figuras 25 e 28. Este estudo nos permite ainda inferir que ocorreu uma melhor compreensão dos conceitos de Força e Movimento, tanto na perspectiva teórica como prática, possibilitando que os estudantes pudessem estabelecer estas deduções com os eventos físicos presentes no cotidiano.

Assim, vemos que a utilização das TIC pode proporcionar avanços qualitativos na aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades e competências nos estudantes, pois através destas tecnologias podemos oportunizar situações que levem os discentes a refletir o seu contexto social, discutindo e analisando os princípios físicos envolvidos. Desta forma o estudante participa ativamente na construção do conhecimento, deixando de ser apenas um receptor de conceitos pronto e acabado.

Diante disto, compreende-se que o objetivo geral deste trabalho foi alcançado, verificando que o uso de simulações computacionais do *PhET* promovia nos estudantes a aprendizagem significativa dos conceitos de Força e Movimento. Sendo necessário identificar os conhecimentos prévios (subsunçores) a partir do questionário diagnóstico e organizar estes saberes durante as aulas síncronas.

O presente estudo teve como proposta investigar o uso didático do simulador *PhET* nos conteúdos de Força e Movimento para a aprendizagem significativa, tendo em vista as dificuldades historicamente apresentadas pelos estudantes em adquirir conhecimentos de Física, principalmente quando tratados teoricamente.

Na busca por práticas pedagógicas que possibilitem aos estudantes um contato experimental, ausência de laboratórios físicos de Ciências nas escolas de Educação Básica e melhor desempenho na aprendizagem frente a disciplina de Física nos conceitos de Força e Movimento, é que foi refletido sobre a Sequência Didática onde pudesse ser inserido o simulador

computacional PhET como forma de aproximar os estudantes aos eventos físicos e dessem significado a sua aprendizagem. É importante lembrar que as simulações computacionais não vêm para substituir a aula prática no laboratório experimental de Física, podendo estas ser adotadas conjuntamente dentro de uma proposta metodológica em que a teoria e a prática permeiem a atividade docente.

Através dos dados coletados e das vivências com os estudantes durante os encontros síncronos, foram evidenciadas algumas dificuldades. Inicialmente na disponibilidade dos estudantes em fazer parte da pesquisa, ocasionando na participação de apenas 40% dos estudantes da turma, dificuldade na resolução das questões propostas, principalmente aquelas realizadas antes das intervenções com simulador *PhET*, contudo, os estudantes se mostram mais instigados em responder as perguntas após as intervenções com este artefato tecnológico. Algumas interferências de ordem técnica também puderam ser vistas, como acesso dos estudantes à internet, computador ou dispositivos móveis, já que as intervenções desta pesquisa foram realizadas durante um período de restrições sociais em decorrência da COVID-19, impossibilitando que pudéssemos utilizar o ambiente físico da Unidade de Ensino campo de pesquisa. Por fim, tivemos os problemas de cunho disciplinar, como ausência e atraso de estudantes aos encontros síncronos, como também no compartilhamento de respostas dos questionários entre os discentes. Contudo, é importante salientar que o conhecimento compartilhado entre os pares se mostra bastante oportuno dentro do contexto da aprendizagem significativa, entendendo este processo cognitivo como algo a ser discutido e acrescentado.

Quando comparadas a aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos de Força e Movimento através das proposições no questionário diagnóstico durante o primeiro encontro síncrono e após o uso do simulador computacionais *PhET* durante o segundo e terceiro encontros, a partir do questionário de avaliação da aprendizagem, foi possível concluir que a aprendizagem se deu de forma significativa após as demonstrações físicas com simulação (Tabela 3), tanto no contexto assertivo como na explicação as respostas.

Quanto a proposta de elaborar um roteiro de atividades para os professores de Física a partir de sequência didática para utilização do simulador *PhET*, o mesmo tem como objetivo contribuir com as práticas docentes na mencionada disciplina. O roteiro que foi desenvolvido apresenta atividades referentes ao componente curricular Força e Movimento, em que uma destas atividades indica a utilização de simulações computacionais com o simulador *PhET*. Este roteiro é o Produto Técnico-Tecnológico (PTT) proveniente desta pesquisa, objetivando que os docentes atuantes no Ensino de Física tenham a oportunidade de se utilizar deste estudo, possibilitando ao estudante aulas permeadas pela experimentação. Ressaltamos, contudo, que esta proposta

metodológica não tem o objetivo de limitar o docente em utilizar rigorosamente este manual conforme apresentado, pois, o mesmo pode ser acrescido de outras atividades, levando em consideração a realidade social da comunidade escolar e a necessidade de seus estudantes. No entanto, acreditamos que a descrição contida neste documento estimule o uso das simulações computacionais do *PhET* como algo motivador, contribuindo conseqüentemente para uma melhor aprendizagem no Ensino de Física.

Em momentos posteriores têm-se o interesse em desenvolver estudos com o objetivo de observar quais as contribuições do simulador computacional *PhET* associado a prática da experimentação com materiais de baixo custo e fácil acesso para a aprendizagem em Física. Pretende-se ainda utilizar outras simulações disponíveis no *PhET* e analisar suas interferências frente a motivação dos estudantes em aprender conceitos físicos.

Enfim, a temática envolvendo simulações computacionais do *PhET* foi escolhida considerando-se a importância na facilidade de uso, acesso e gratuidade deste simulador computacional, da sua ligação com os fenômenos naturais e da implementação das tecnologias nos espaços de educação formal. Acreditamos que as simulações computacionais apresentam potencial para uso da prática docente e na aprendizagem dos estudantes, tendo em vista sua capacidade interativa, motivacional e colaborativa, como também sua aplicabilidade experimental diante da necessidade de atividades práticas do Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

ARANTES, A. R.; Miranda, M. S.; Studart, N. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: Usando Simulações do PhET. **Revista Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

BARBETA, V. B.; BECHARA, J. M. Uso de simulações em computador em aulas de laboratório de física. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 24, 1996, Manaus, AM. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1996. Disponível em: <<http://www.br.geosites.com/vbarbeta/artigos.htm>>. Acesso em 07 nov. 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. **Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física**. Acta Scientiarum Human and Social Sciences, 2009.

BORGES NETO, H. Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola. **Revista Educação em Debate**, ano 21, v. 1, n. 27, p. 135-138, Fortaleza, 1999.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRANDÃO, C. R.; STRECK, D. R. (Org.). **Pesquisa participante: O Saber da Partilha**. Aparecida, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Artigo 23, 1º e 2º. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em 28 dez. 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

CAMPOS, B. O. **Utilização de simulações computacionais no ensino de física, na área da terminologia**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Instituto de Física, Universidade Federal de Alfenas. Minas Gerais, p. 82. 2017.

CAVALCANTI, F. O uso das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n.4, 2006, disponível em:< <http://www.cet.ucs.br/eventos/outros/egem/cientificos/cc13.pdf>>. Acesso em 20 out. 2020.

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DELIZOICOV, D. et al. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

DORNELES, P.F.T. **Integração entre as Atividades Computacionais e Experimentais como Recurso Instrucional no Ensino de Eletromagnetismo em Física Geral**. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Ciências Naturais e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, p. 367. 2010.

FERREIRA, M. J. M. A. **Novas tecnologias na sala de aula**. Monografia. (Especialização em Fundamentos da Educação: Práticas Pedagógicas Interdisciplinares). Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

FILHO, G. F. S. **Simulações Computacionais para o Ensino de Física Básica: Uma Discussão sobre Produção e Uso**. Dissertação (Mestrado profissional Nacional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 86. 2010.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n.3, p. 259-272.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. In: **Revista Educação e Pesquisa**, v.31, n. 3, p. 483-502. São Paulo, set/dez 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo, Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários á pratica docente**. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da educação**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. Investigação em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

JUCA, S. R. **O uso de simulação computacionais no ensino de Física: sugestão didática para exploração do tema Energia Mecânica**. 42 f. Monografia (Graduação em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A; KANBACH, B. G. **A Relação com o Saber Profissional do Professor de Física e o Fracasso da Implementação de Atividades Experimentais no Ensino Médio**. Investigação em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. (1996a). "Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências". **Série: Ciência & Educação**, n° 3. UNESP, Baurú.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e o ensino presencial e a distância**. 9 ed. Campinas, SP: Papirus, 2010.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e tempo docente**. Campinas, SP: Papirus, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MASINI, E. F.S.; Moreira, M. A. **Aprendizagem Significativa – A Teoria de Ausubel**. São Paulo. Editora Centauro. 2001.

MERCADO, L. P. L. (2000). **Novas tecnologias na educação: Novos cenários de aprendizagem e formação de professores**. In: Oliveira, M. A. Reflexões sobre o conhecimento e educação. Maceió: EDUFAL.

MERCADO, L. P. L. **Tendências na utilização das tecnologias da informação e comunicação na educação** / Luís Paulo Leopoldo Mercado (org.). - Maceió: EDUFAL, 2004.

MIRANDA, R. M.; BECHARA, M. J. Uso de simulações em disciplinas básicas de mecânica em um curso de licenciatura em física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA (EPEF), 9, 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em: <http://sbfl.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/posteres/po51-35.pdf>. Acesso em 28 out. 2020.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

MORAES, A. M.; MORAES, I. J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.22, n.2, p. 232-246, 2000.

MORAN, J. M. et al. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2005.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília. Editora UNB. 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.1, p. 94-99, 2000.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Instituto Piaget, 2000.

OLIVEIRA, J. S. Professor X TICS: dificuldades ou comodismo. **Diálogos Educacionais em Revista**, v. 3, n. 1, p. 99-111, 2012.

PERUZZO, C. M. K. Da Observação Participante à Pesquisa-Ação no Campo comunicacional: Pressupostos epistemológicos e metodológicos. In: MELO, J. M.; GOBBI, M. C. (Org.). **Pensamento comunicacional Latino-Americano: Da Pesquisa-Denúncia ao Pragmatismo Utópico**. São Paulo: Ed. Umesp, 2004.

PhET Interactive Simulations. Disponível em:
http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics. Acesso em 19 nov. 2020.

REIS, E. M., SILVA, O. H. M. **Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física**. Cadernos Intersaberes, vol. 1, n.2, p.38-56, 2013.

RIBEIRO, J. P. M. A Integração do laboratório virtual (PhET interactive simulations” no ensino de física. **Anais...** São Carlos: Congresso Internacional de Educação e Tecnologias; Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, São Carlos, 2020. Disponível em:
<<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1607>>. Acesso em 22 mai. 2021.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Ensino experimental de física na universidade de passo fundo. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA (EPEF), 9, 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em:<<http://www.sbfl.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/posteres/T0055-1.pdf>>. Acesso em 06 nov. 2020.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 185-195, jun. 2002.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Repensando o Papel do Trabalho Experimental, na Aprendizagem da Física, em Sala de Aula – Um Estudo Exploratório**. Investigações em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v.17, n. especial, p. 49-67, novembro, 2015.

SAVIANI, D. (1996). **Escola e Democracia**. 30 ed. Campinas: Autores Associados.

SERAFIM, M.C. A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática. **Rev. Espaço Acadêmico**, 7. 2001. Disponível em: < <http://www.espacoacademico.com.br>>. Acesso em 21 setembro de 2020.

SOARES, A. R. **Sobre a PhET**. 2013. Disponível em:
<http://PhET.colorado.edu/pt_BR/about>. Acesso em 14 nov. 2020.

SOUZA, G. M. R. **Uso de simulações computacionais no ensino de conceitos de força e movimento no 9º ano do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado Profissional do Ensino de Física (MNPEF)). Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, p. 192. 2015.

Disponível em:

<<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4227/1/GI%C3%A1ucia%20Martins%20Ricardo%20Souza%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2021.

TORRES, P.L. **Laboratório on line de Aprendizagem: Uma Proposta Crítica de Aprendizagem Colaborativa Para a Educação**. Tese de doutorado, UFSC, 2002.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set. 2005.

VALENTE, J. A. **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. (Org.) VALENTE, J. A. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VELANGA, Carmem Tereza. (et al) organizadores. **Formação de Professores e as novas tecnologias e em Educação: uma reflexão necessária**. 1. Ed. Florianópolis: Pandion, 2014.

VILLANI, C. E. P; NASCIMENTO, S. S. **A Argumentação e o Ensino de Ciências: Uma Atividade Experimental no Laboratório Didático de Física do Ensino Médio**. Investigação em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 8, n. 3, p.187-209, 2003.

VOGT, C. A espiral da Cultura Científica. On-line. **Rev. Com Ciência**. Disponível em:<<http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/>>. Acesso em: 18 set. 2020.

XAVIER, B.; XAVIER, J.; MONTSE, N. Applets en la enseñanza de la física. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 21. n. 3, p. 463-472, 2003.

APÊNDICES

Apêndice A – Autorização da Escola Estadual Professor Arthur Ramos**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS****AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA**

Declaramos para os devidos fins, que concordamos que o pesquisador **Cícero Neilton dos Santos Oliveira**, discente do Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), do Centro de Educação (CEDU) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) desenvolva na **Escola Estadual Professor Arthur Ramos** as atividades referentes ao projeto de pesquisa **Experimentação no Ensino de Física com o uso do simulador computacional *PhET* na aprendizagem de Força e Movimento no Ensino Médio**, que está sob a orientação **Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Serra** e **Coorientação do Prof. Dr. Carloney Alves de Oliveira**, cujo objetivo é: Analisar de que forma o software de simulação computacional *PhET* pode colaborar para os processos de ensino e aprendizagem do componente curricular de Força e Movimento.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos das normas da Resolução 466/12 e Resolução CNS nº 510/2016 de publicização dos resultados e sobre o uso e destinação do material/dados produzidos, comprometendo-se a utilizar os dados pessoais dos(as) participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo aos sujeitos e/ou da sociedade.

Pilar/AL, ____ de _____ de 2020.

Diretor(a) da Escola

Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E.)**BASEADO NAS DIRETRIZES CONTIDAS NA RESOLUÇÃO CNS Nº466/2012 E SUAS
COMPLEMENTARES

O(a) senhor(a), pai/mãe/responsável pelo menor
....., está sendo convidado(a) a participar
do projeto de pesquisa **EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA COM O USO DO
SIMULADOR COMPUTACIONAL *PHET* COMO NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E
MOVIMENTO NO ENSINO MÉDIO**, dos pesquisadores Cícero Neilton dos Santos Oliveira,
Kleber Cavalcanti Serra e Carloney Alves de Oliveira. A seguir, as informações inerentes ao
projeto de pesquisa no que se refere a sua participação neste projeto:

1. O estudo se destina a estudantes de Física de uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública de ensino.
2. A importância deste estudo é a de perceber quais as possibilidades do uso do simulador *PhET* enquanto estratégia didática na disciplina de Física para a aproximação com o contexto da aprendizagem.
3. Os resultados que se desejam alcançar são os seguintes: As possíveis contribuições acerca do uso do simulador computacional *PhET* como estratégia didática no ensino de Física, em uma turma do 1º ano do Ensino Médio na tentativa de contribuir para o processo de aprendizagem junto aos respectivos estudantes, uma vez que encontramos nas práticas experimentais um importante aliado para o contexto da aprendizagem.
4. A coleta de dados começará em 01 de setembro de 2020 e terminará em 29 de setembro de 2020.
5. O estudo será feito da seguinte maneira: Utilizaremos o estudo de caso como técnica de coleta de dados, a partir de uma pesquisa exploratória por meio da aplicação de questionários como instrumento de coleta, então constituído de questões abertas e fechadas. Os questionários serão aplicados em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, da Escola Estadual professor Arthur

Ramos, pertencente a rede pública estadual de Ensino na cidade de Pilar/AL, por meio de formulário eletrônico. Desta forma, será um mês de coleta de dados. Após a coleta dos dados, estaremos realizando sua análise, *a priori*, a partir das interpretações e leitura dos questionários, em seguida, será feito um estudo sobre as estratégias didático-metodológicas no contexto da experimentação mediada por interfaces digitais, para o Ensino de Física no Ensino Médio, refletindo sobre as condições que viabilizam a aprendizagem significativa à luz da teoria de Ausubel, por meio de uma aprendizagem que assume um caráter colaborativo.

6. A sua participação será nas seguintes etapas: em três apenas, sendo a primeira por meio da resposta ao questionário 1, a segunda através de aulas com o uso do simulador computacional *PhET*, mediada pela plataforma Google meet, abordando os componentes curriculares de Força e Movimento e, por fim, na resposta ao questionário 2, na última etapa.

7. Os incômodos e possíveis riscos à sua saúde física e/ou mental são:

Os questionários serão aplicados com prévia autorização dos sujeitos. Pode ser que o(s) participante(s) da pesquisa sintam-se tímido(a)s, inibido(a)s, constrangido(a)s ou não saiba(m) responder às questões apresentadas pelo pesquisador, poderá(ão) quebrar o sigilo da pesquisa e até mesmo considerar que está(ão) perdendo o seu tempo, não evidenciando assim os objetivos da pesquisa. Prevendo estes riscos, será feito pelo pesquisador antes da aplicação da pesquisa, o esclarecimento das informações em linguagem clara, simples e acessível, garantido aos sujeitos por meio do TCLE a confiabilidade do estudo e o sigilo das informações dos indivíduos, incluindo as medidas de proteção à confidencialidade e à liberdade do participante da pesquisa de recusar-se a participar. Garantindo assim, a privacidade da identidade do sujeito e o sigilo da pesquisa.

8. Os benefícios esperados com a sua participação no projeto de pesquisa: entendendo a aprendizagem como um processo contínuo e, considerando a necessidade pela busca de práticas pedagógicas que possibilitem um pensamento crítico e reflexivo sobre o ensino de Física para a formação integral do indivíduo, o benefício esperado com a sua participação neste estudo acarretará no diálogo, compreensão e promoção do ensino de Física numa perspectiva da aprendizagem significativa, através da atividade docente aliadas à uma educação que vereda pelos caminhos da experimentação, das tecnologias digitais e de uma aprendizagem significativa.

9. Você poderá contar com a seguinte assistência: caso você tenha dúvida quanto à execução ou apresente alguma dificuldade em participar deste estudo, o pesquisador estará à disposição para lhe prestar os devidos esclarecimentos, apresentando mais detalhadamente o Projeto ou em algum oportuno momento.

10. Você será informado(a) sobre o resultado final do Projeto e sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.

11. A qualquer momento, você poderá recusar-se a continuar participando do estudo e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.

12. As informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.

13. Não haverá despesas e ressarcimento.

14. Você será indenizado(a) por qualquer dano que venha a sofrer com a sua participação na pesquisa (nexo causal). Neste caso, como descrito no item “13”, não haverá custos com a sua participação no Projeto, não acarretando por consequência em ressarcimento.

15. Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por todos.

Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da UFAL, pelo telefone: (82) 3214-1041. O CEP trata-se de um grupo de indivíduos com conhecimento científico que realizam a revisão ética inicial e continuada do estudo de pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus direitos. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas.

Eu,
responsável pelo (a) menor que foi
convidado em participar da pesquisa, tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi
informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus

direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO(A) FORÇADO(A) OU OBRIGADO(A).

Endereço d(os,as) responsável(is) pela pesquisa:

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Endereço: RUA JOSÉ GOMES DOS SANTOS, N° 70

Complemento: LOTEAMAENTO MANGUABA

Cidade/CEP: PILAR/AL – 57150-000

Telefone: (82) 98871-1394 / (82) 99937-5549

Ponto de referência: POSTO DO PROGRAMA SAÚDE DA FAMÍLIA (PSF) 13

Contato de urgência: Sr(a). Maria Benedita dos Santos

Endereço: LOTEAMENTO MIGUEL BERTOLDO DE VIVEIROS, N° 07

Complemento: CHÃ-DO-PILAR

Cidade/CEP: PILAR/AL – 57150-000

Telefone: (82) 98705-4929

Ponto de referência: PRÓXIMO A DROGARIA AVENIDA

ATENÇÃO: *O Comitê de Ética da UFAL analisou e aprovou este projeto de pesquisa. Para obter mais informações a respeito deste projeto de pesquisa, informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:*

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas

Prédio da Reitoria, 1º Andar, Campus A. C. Simões, Cidade Universitária

Telefone: 3214-1041 – Horário de Atendimento: das 8:00 as 12:00hs.

E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com

Maceió, _____ de _____ de 2020.

Assinatura ou impressão datiloscópica d(o,a) voluntári(o,a) ou responsável legal e rubricar as demais folhas	Nome e Assinatura do Pesquisador pelo estudo (Rubricar as demais páginas)

Apêndice C – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)**

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa **Experimentação no Ensino de Física com o uso do simulador computacional *PhET* na aprendizagem de Força e Movimento no Ensino Médio** que será desenvolvida por Cícero Neilton dos Santos Oliveira sob a orientação do Professor Dr. Kleber Cavalcanti Serra e coorientação do Professor Dr. Carloney Alves de Oliveira, do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas. Você poderá participar mediante a permissão de seus pais/responsáveis.

Nesta pesquisa pretendemos analisar de que forma a experimentação por meio do software *PhET* pode contribuir no processo de aprendizagem do conteúdo de Força e Movimento, bem como: identificar as potencialidades e limitações do simulador *PhET* na promoção de seu conhecimento acerca de Força e Movimento; comparar o desenvolvimento do aprendizado sobre Força e Movimento por intermédio do seu conhecimento prévio (questionário diagnóstico) e a partir do uso do simulador *PhET* (questionário de avaliação da aprendizagem).

Você tem a escolha em participar desta pesquisa, é uma prerrogativa sua e não terá nenhum problema se desistir. Os(as) sujeitos que irão participar desta pesquisa são estudantes do 1º ano do Ensino Médio.

A pesquisa será feita na Escola Estadual Professor Arthur Ramos no período provável de 01 a 29 de setembro de 2020, durante o horário das aulas de Física do estudante, com o professor responsável pela disciplina, onde serão realizadas atividades em momentos de construção do aprendizado com os recursos didáticos já utilizados pelo professor (livro didático e anotações no quadro branco; aqui estaremos fazendo uso da plataforma Google *Meet* em substituição ao quadro), acrescido de práticas experimentais no ambiente do simulador computacional *PhET*, da resolução dos questionários (diagnóstico e de aprendizagem) com perguntas objetivas e discursivas sobre conceitos e aplicações de Força e Movimento, como também da avaliação do recurso tecnológico utilizado durante o processo de aprendizagem. Para isso, será utilizado o método da análise de conteúdo, a partir das devolutivas dos estudantes, presentes nos questionários onde constarão os registros. Este instrumento de coleta de dados é bastante propício para este tipo de estudo, podendo eventualmente ocorrer algumas inconsistências. Logo, nenhum dos procedimentos utilizados ao longo do estudo irá lhe trazer constrangimentos ou ameaça a sua dignidade. Caso aconteça algo que entenda inapropriado, você pode nos informar a

partir dos contatos disponíveis neste documento. Contudo, você estará sujeito em aprender de forma instigante e colaborativa, sendo protagonista em seu processo de aprendizagem, na perspectiva de simulações experimentais.

As informações coletadas através da sua participação na pesquisa não permitirão sua identificação, exceto para a equipe de pesquisa. O pesquisador estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário durante todo o transcorrer desse estudo.

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____ aceito participar da **Experimentação no Ensino de Física com o uso do simulador computacional *PhET* na aprendizagem de Força e Movimento no Ensino Médio**, tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a participação no mencionado estudo e estando consciente dos direitos, das responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam. Os pesquisadores esclareceram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste Termo de Assentimento, li e concordo em participar da pesquisa.

Maceió, ____ de _____ de 2020.

Assinatura do menor

Assinatura do pesquisador

Apêndice D – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética (CEP)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALAGOAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Possibilidades do uso do simulador PhET como estratégia didática nos processos de aprendizagem na disciplina de Física.

Pesquisador: CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 35638120.3.0000.5013

Instituição Proponente: Universidade Federal de Alagoas

Patrocinador Principal: Universidade Federal de Alagoas

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.198.141

Apresentação do Projeto:

"[...]esta trabalho busca desenvolver um produto educacional com o uso do simulador PhET no ensino de alguns componentes da mecânica, como força e movimento em uma turma do 1º ano do Ensino Médio. O produto consiste em uma sequência didática para serem realizadas pelos estudantes, norteadas pelas observações no simulador PhET. Será explorada uma abordagem onde o professor realiza a simulação e o aluno acompanha através de um projetor multimídia."

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Investigar as possibilidades do uso da plataforma PhET nos conteúdos de força e movimento numa perspectiva da aprendizagem significativa.

Objetivo Secundário:

- Caracterizar a plataforma PhET;
- Analisar as possibilidades do uso da plataforma PhET no ensino de força e movimento;
- Analisar as possíveis contribuições do PhET enquanto estratégia didática para uma aprendizagem significativa;
- Construir sequências didáticas com a plataforma PhET voltada para o conteúdos de Força e Movimento.

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Campus A . C. Simões,

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 57.072-900

UF: AL

Município: MACEIO

Telefone: (82)3214-1041

E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALAGOAS



Continuação do Parecer: 4.198.141

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1580932.pdf	04/08/2020 22:27:11		Aceito
Outros	Cartaresposta.docx	04/08/2020 22:23:14	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Questionario03.pdf	03/08/2020 16:24:50	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE03.pdf	03/08/2020 16:12:58	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto31.pdf	31/07/2020 20:56:04	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
Outros	Folhaprint.pdf	23/07/2020 21:34:31	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECesc.pdf	23/07/2020 20:45:31	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Decpes01.pdf	23/07/2020 20:40:54	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito
Folha de Rosto	Folha.pdf	09/07/2020 21:28:55	CICERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MACEIO, 06 de Agosto de 2020

Assinado por:

CAMILA MARIA BEDER RIBEIRO GIRISH PANJWANI
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Campus A . C. Simões,

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 57.072-900

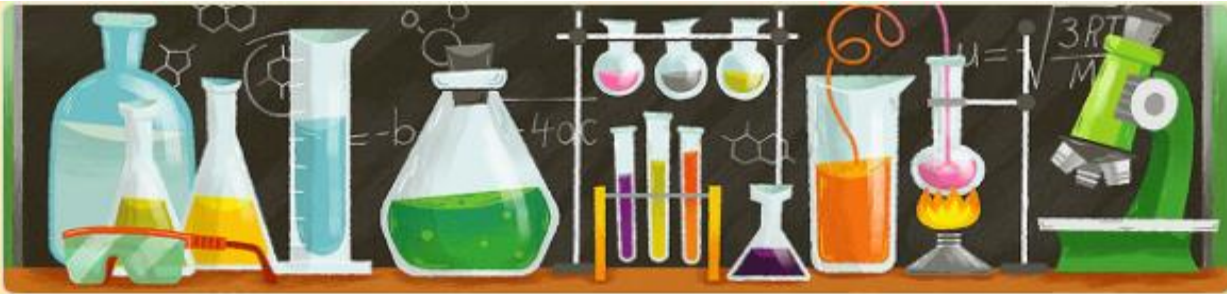
UF: AL

Município: MACEIO

Telefone: (82)3214-1041

E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com

Apêndice E – Questionário Diagnóstico (QD) aplicado aos estudantes por meio do Google Forms



Seção 1 de 2


Pesquisa

Pesquisador: Cícero Neilton dos Santos Oliveira
Orientador: Professor Dr. Kleber Cavalcanti Serra
Co-orientador: Professor Dr. Carloney Alves de Oliveira

Caro(a), estudante!

Você está colaborando com a Pesquisa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) do Centro de Educação (CEDU) da Universidade Federal de Alagoas, intitulada: Possibilidades do uso do simulador PhET como estratégia didática nos processos de aprendizagem na disciplina de Física, respondendo o questionário a seguir:

Parecer de aprovação do Projeto de Pesquisa dado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).



Escreva aqui seu e-mail *

Texto de resposta curta

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Questionário diagnóstico



Descrição (opcional)

1. Dentre os itens abaixo, assinale a opção que você entende como sendo a prática pedagógica, então adotada pelo professor, que pode colaborar com sua aprendizagem na disciplina de Física em sala de aula. *

- aulas expositiva com o uso quadro e/ou do livro didático;
- aulas mediadas por jogos didáticos;
- aulas práticas com a utilização de experimentos em laboratórios;
- aulas mediadas por recursos digitais, como softwares educativos;
- outro(s).

2. Você teria alguma dificuldade em participar de aulas de Física com práticas experimentais realizadas com uso de simuladores computacionais? *

- sim;
- não;
- talvez.

3. Acerca de alguns conceitos de Física, possivelmente trabalhados no 1º ano do Ensino Médio, descreva o que você entende por Força e Movimento? *

Texto de resposta longa

4. Entende que existe alguma relação entre as grandezas físicas Força e Movimento? Justifique. *

Texto de resposta longa

5. O que entende sobre Força peso e Força de atrito? Como estas forças podem interferir na variação da velocidade dos corpos? *

Texto de resposta longa

6. O que entende acerca da grandeza física Aceleração? Existe alguma relação entre a aceleração e a massa? Justifique. *

Texto de resposta longa

7. O que entende sobre a 1ª Lei de Newton, também conhecida como a Lei da Inércia? *

Texto de resposta longa

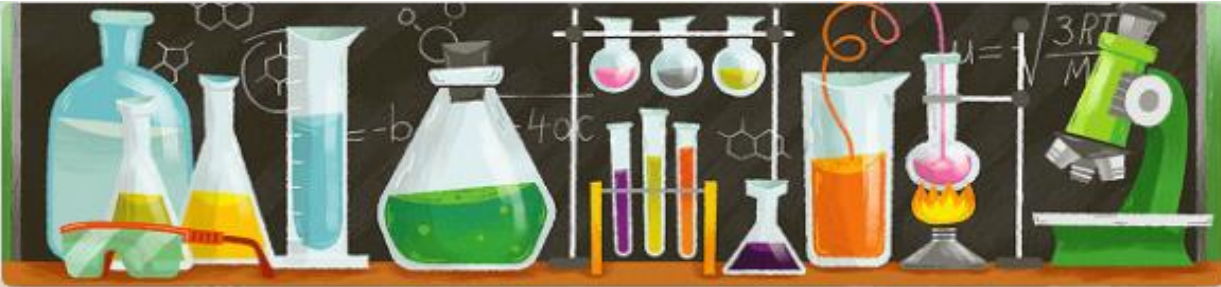
8. Sabe-se que existe uma Força que atua de forma contrária ao deslocamento de um corpo (por exemplo um carro), inserindo sobre este corpo uma resistência, principalmente pela superfície de contato. Acerca desta Força, podemos definir como sendo a Força de: *

- Aceleração
- Força peso
- Força da gravidade
- Força de atrito
- Força motriz

9. De acordo com as leis da mecânica, a tendência de corpos em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) é manter-se em movimento, como também, dos corpos que estão em repouso, se manterem parados. Neste contexto, qual a finalidade do cinto de segurança, então utilizado pelos motoristas nos automóveis? *

Texto de resposta longa

Apêndice F – Questionário Avaliação da Aprendizagem (AA) aplicado aos estudantes por meio do Google Forms



Seção 1 de 2


Questionário avaliação de aprendizagem

Pesquisador: Cícero Neilton dos Santos Oliveira
Orientador: Professor Dr. Kleber Cavalcanti Serra
Co-orientador: Professor Dr. Carloney Alves de Oliveira

Caro(a), estudante!

Você está colaborando com a Pesquisa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) do Centro de Educação (CEDU) da Universidade Federal de Alagoas, intitulada: Possibilidades do uso do simulador PhET como estratégia didática nos processos de aprendizagem na disciplina de Física, respondendo o questionário a seguir:

Parecer de aprovação do Projeto de Pesquisa dado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) por meio da Plataforma Brasil.



Por favor, escreva aqui o seu e-mail. *

Texto de resposta curta

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Questionário



Descrição (opcional)

1. Analisando a imagem abaixo, acerca do software de simulação PHET, temos um caixote de massa 50Kg, onde está sendo aplicada sobre ele uma força de 5 Newtons, considerando que a superfície de contato não tem atrito (força de atrito=0), sua velocidade continuará? *



- Constante ($v=0$)
- Aumentando ($v>0$)
- Diminuindo ($v<0$)
- O caixote permanecerá parado
- Nenhuma das respostas

2. Na ilustração abaixo, está sendo aplicada uma força de 5 Newtons sob um caixote de massa de 50Kg. Considerando que a superfície de contato apresenta atrito, podemos dizer que o caixote: *



- Irá se deslocar para a direita
- Irá se deslocar para a esquerda
- Irá permanecer parado
- Não sofrerá influência da força e atrito
- Nenhuma das respostas

3. Acerca de alguns conceitos de Física, descreva o que você entende por Força e Movimento? *

Texto de resposta longa

.....

4. Entende que existe alguma relação entre as grandezas físicas Força e Velocidade? Justifique. *

Texto de resposta longa

.....

5. O que entende massa de um corpo e Força de atrito? Como essas grandezas podem interferir na velocidade dos corpos? *

Texto de resposta longa
.....

6. O que entende acerca da grandeza física Aceleração? Existe alguma relação entre a aceleração e a velocidade? Justifique. *

Texto de resposta longa
.....

7. O que entende sobre a 1ª Lei de Newton, também conhecida como a Lei da Inércia? *

Texto de resposta longa
.....

8. Sabe-se que existe uma Força que atua de forma contrária ao deslocamento de um corpo (por exemplo um carro), inserindo sobre este corpo uma resistência, principalmente pela superfície de contato. Acerca desta Força, podemos definir como sendo a Força de: *

- Aceleração
- Força peso
- Força da gravidade
- Força de atrito
- Força motriz

9. De acordo com a 1ª lei de Newton, a tendência de corpos em Movimento é manter-se em movimento, como também, dos corpos que estão em repouso, se manterem parados. Neste contexto, qual a finalidade do cinto de segurança, então utilizado pelos motoristas nos automóveis, na situação de uma colisão? *

Texto de resposta longa
.....

10. A partir das experimentações com o uso do simulador computacional PhET, pode-se dizer que existe alguma relação* entre a aceleração e a velocidade? justifique.



Texto de resposta longa

11. No experimento com "cabo de guerra" utilizando o software PhET, abordando as grandezas força e velocidade (figura* abaixo) podemos dizer que:



- O carrinho irá se deslocar para direita
- O carrinho irá se deslocar para a esquerda
- O carrinho permanecerá parado
- O somatório das forças aplicada sobre a corda não influencia no sentido do deslocamento
- Nenhuma das respostas

12. Acerca dos estudos sobre a 1ª lei de Newton, analise a seguinte situação: se a resultante das forças que atuam sobre * um corpo é nula, podemos afirmar que:

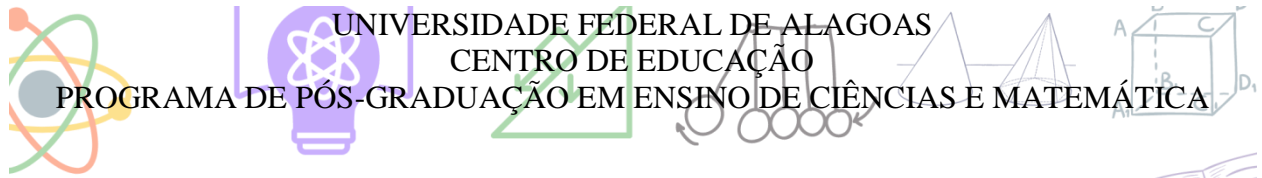
- O corpo pode executar um movimento na posição horizontal.
- O corpo pode estar em repouso.
- O corpo não pode estar em movimento.
- O corpo adquire velocidade
- Nenhuma das respostas

Apêndice G – Roteiro para a observação dos estudantes participantes da pesquisa durante os encontros síncronos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Roteiro para a observação participante:

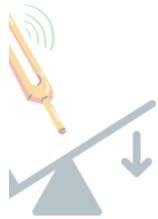
1. Presença e ausência dos estudantes nos encontros síncronos;
3. Interação dos discentes com o professor/pesquisador durante os momentos síncronos;
4. Interação entre os discentes nos momentos síncronos;
5. Habilidades com o uso do simulador *PhET*;
6. Entendimento das relações entre as variáveis físicas presentes nas simulações virtuais do *PhET*.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
 CENTRO DE EDUCAÇÃO
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

$$E = mc^2$$

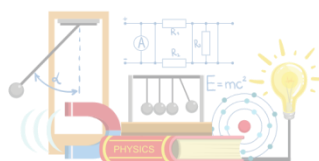
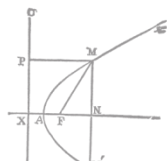
$$\rho = m/V$$



CÍCERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA



**ROTEIRO DE ATIVIDADES PARA USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL *PhET*
 NO ENSINO DE FORÇA E MOVIMENTO NAS AULAS DE FÍSICA**



Maceió
 2021

CÍCERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA

**ROTEIRO DE ATIVIDADES PARA USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL *PhET*
PARA NO ENSINO DE FORÇA E MOVIMENTO NAS AULAS DE FÍSICA**

Produto Educacional Apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Serra

Coorientador: Prof. Dr. Carloney Alves de Oliveira

Maceió
2021

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

- O48e Oliveira, Cícero Neilton dos Santos.
Experimentação no ensino de física com o uso do simulador computacional *PhET* na aprendizagem de força e movimento no ensino médio / Cícero Neilton dos Santos Oliveira. – 2021.
143 f. : il. color.
- Orientador: Kleber Cavalcanti Serra.
Co-orientador: Carloney Alves de Oliveira.
Dissertação (Mestrado em ensino de ciências e da matemática) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Educação. Maceió, 2021.
Inclui produto educacional: Roteiro de atividades para uso do simulador computacional *Phet* para o ensino de força e movimento nas aulas de física.
- Bibliografia: f. 95-99.
Apêndices: f. 101-143.
1. Força e movimento. 2. Experimentação. 3. *PhET* (Simulador computacional). 4. Física - Aprendizagem. I. Título.

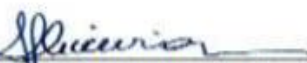
CDU: 372.853.1

CÍCERO NEILTON DOS SANTOS OLIVEIRA

“Roteiro de atividades para uso do simulador computacional *PhET* no ensino de força e movimento nas aulas de física”

Produto Educacional apresentado à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, aprovado em 27 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carloney Alves de Oliveira
Coorientador
(Cedu/Ufal)



Prof. Dr. Elton Malta Nascimento
(IF/Ufal)



Prof. Dra. Silvana Paulina de Souza
(Cedu/Ufal)

LISTA DE SIGLAS

AS – Aprendizagem Significativa

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

PHET - Physics Education Technology

TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

TD – Tecnologias Digitais

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	127
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	129
O SIMULADOR COMPUTACIONAL <i>PhET</i>	131
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	134
SEQUÊNCIA DIDÁTICA	136
REFERÊNCIAS	143

INTRODUÇÃO

Durante meu percurso na docência, atuando na disciplina de Física, foi possível adquirir aprendizados e experiências enquanto indivíduo principalmente no âmbito profissional, evidenciando momentos produtivos, como também aqueles em que os resultados obtidos não eram os esperados. Estas vivências permitiriam nortear nossa prática docente na busca pela melhoria na qualidade dos processos de ensino e aprendizagem na disciplina de Física. Contudo, é importante ressaltar, que as dificuldades encontradas dentro do ambiente escolar, seja pela falta condições de trabalho e até mesmo pela ausência de mecanismos e materiais didáticos, limita a ação do professor na perspectiva do aprendizado dos estudantes. Algumas escolas da Rede pública de ensino não dispõem de material didático suficiente para que as aulas pudessem acontecer de forma instigante e participativa, motivando nos estudantes o interesse pela aprendizagem. Muitas destas escolas utilizam apenas enquanto recurso didático o livro e o quadro branco. Diante deste cenário, grande parte das cobranças dos estudantes por aulas mais instigantes são direcionadas ao professor.

Em razão dessas vivências, surgiu o interesse na busca em desenvolver estratégias didáticas que possibilitem a melhoria na qualidade do que se está propondo a ensinar e, por consequência, em uma aprendizagem que retrate um significado cognitivo, a partir do uso de simulações computacionais na disciplina de Física, mediado pelo simulador computacional *PhET*, entendendo que as tecnologias digitais vêm ganhando vários adeptos, principalmente no contexto educacional.

Esta pesquisa se vislumbra sob uma perspectiva para o Ensino de Física que promova ao indivíduo um pensamento crítico e reflexivo, possibilitando que este faça uso dos conhecimentos então adquiridos não somente no ambiente escolar, como também em seu convívio social. Pois, nas diversas relações da sociedade, o contexto científico e tecnológico se apresenta como protagonista, sendo necessário aos sujeitos o contato com estes saberes.

O Produto Educacional trata de simulações computacionais por meio do simulador PHET na disciplina de Física numa perspectiva de estudos do componente curricular Força e Movimento, com a temática: “EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA COM O USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL *PhET* NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO MÉDIO”, onde se utiliza de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) para realizar simulações virtuais semelhantes aos eventos da natureza, permitindo que os estudantes possam manipular e analisar as grandezas físicas envolvidas nas simulações de Força e Movimento. Desta forma, o Produto versa em uma sequência didática

para a abordagem dos conteúdos de Força e Movimento para ser trabalhada em sala de aula, proporcionando condições didáticas para que os professores possam elaborar seus próprios programas de aula e ainda desenvolver outras propostas mediadas por estas interfaces digitais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A relação entre Força e Movimento é um componente amplamente discutido entre os cientistas desde a antiguidade. Ainda na Grécia Antiga encontramos em Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) relatos de uma teoria que permaneceu até por volta de 1600 da nossa era. Segundo Aristóteles, os corpos poderiam apresentar movimentos classificados em duas categorias distintas: o movimento natural e o movimento violento. Após as concepções aristotélicas terem sido aceitas por muito tempo, o cientista Galileu Galilei, (1564 a 1642), propôs novas ideias sobre o movimento dos corpos, pensamentos esses, contrários as ideias de Aristóteles. Segundo ele, os objetos com pesos diferentes, abandonados à mesma altura, simultaneamente atingiriam o solo em momentos diferentes em virtude da maneira como o ar oferece resistência ao movimento. Por fim, temos as atuais definições concedidas a partir da mecânica Newtoniana.

A partir desses pressupostos históricos e da atividade docente dentro do ambiente escolar, algumas discussões acerca dos componentes curriculares de Força e Movimento no Ensino de Física, vêm sendo adotadas no sentido de melhoria das ações para os processos de ensino e aprendizagem. Estas ações visam reavaliar práticas docentes consideradas tradicionais, que se baseiam apenas na utilização do livro didático e quadro branco numa perspectiva da aula expositiva (GALIAZZI *et al.*, 2001).

Os conteúdos de Força e Movimento são abordados inicialmente na Educação Básica, mais precisamente no 9º ano do Ensino Fundamental, agrupada conjuntamente com Biologia e Química na disciplina de Ciências. Nesta etapa educacional os estudantes vivenciam os conceitos relativos a Força e Movimento em um contexto de ação e reação, da força peso, dos Movimentos uniforme e uniformemente variado, da velocidade e da aceleração. Durante o Ensino Médio, esta temática é vista numa perspectiva mais aprofundada, agora retratada enquanto componente individual na disciplina de Física. Assim, “no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos” (BNCC, 2018, p. 548).

Na disciplina de Física, em referência à Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2018, descreve que “os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos” (BNCC, 2018, p. 548). A BNCC (2018) propõe ainda, para a área de Ciências Naturais e suas Tecnologias, o desenvolvimento de habilidades e competências a ser alcançada nesta etapa educacional.

A Competência Específica 1, apresenta a seguinte proposta (BNCC, 2018, p. 554):

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

A partir desta competência Específica, a BNCC (2018) indica 7 habilidades, com diferentes abordagens e propostas de estímulo aos estudos sob diferentes perspectivas, dentre estas, encontra-se a Habilidade (EM13CNT101):

Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (BNCC, 2018, p. 555).

A BNCC (2018) faz referência à Força e Movimento e propõe que no Ensino Médio os fenômenos naturais e os processos tecnológicos sejam aprofundados a partir das relações entre matéria e energia, como também que as diferentes habilidades desta Competência podem ser desenvolvidas com o auxílio das Tecnologias Digitais (TD), facilitando a análise e previsões a partir de representações e simulações.

Segundo Costa e Barros (2015), o ensino de Física ainda é fortemente influenciado pela ausência do laboratório de Ciências, pela formação docente descontextualizada e pela indisponibilidade de recursos tecnológicos em sala de aula. Estes fatores, constitui-se em um obstáculo pedagógico à consecução da aprendizagem da Física no Ensino Médio, com impacto negativo sobre o entendimento e o interesse dos estudantes por essa Ciência. Diante destes fatos, se faz necessário o uso de estratégias didáticas que possibilitem uma aprendizagem instigante e colaborativa, baseada na observação experimental e no uso da TD, em que os conceitos teóricos possam ser inseridos no contexto social dos estudantes.

Desta forma, acredita-se que as TD favoreçam para a aprendizagem de Física, tendo em vista que estes artefatos tecnológicos já permeiam o atual cenário social, e que estas tecnologias possibilita um processo de aprendizagem motivador e participativo, em que os estudantes sejam protagonistas na construção do conhecimento. As relações de ensino e aprendizagem mediadas pelas TD podem acontecer através de organizações colaborativas de aprendizagem, como também através de *softwares* educacionais. Assim, neste roteiro é proposto uma Sequência Didática enquanto subsídio para o ensino de Força e Movimento de turmas do Ensino Médio.

O SIMULADOR COMPUTACIONAL *PhET*

O simulador computacional *PhET*, disponível a partir de um sítio eletrônico, faz parte de um projeto de simulações da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, que traz como proposta didática um laboratório virtual para as disciplinas de Física, Matemática, Química, Biologia e Ciências da Terra. Através desta plataforma é possível utilizar diversas simulações, já elaboradas para servir como material de apoio didático em sala de aula.

Os recursos disponíveis são interativos entre os estudantes, proporcionando uma melhor compreensão do conteúdo abordado, sendo possível manipular as variáveis então envolvidas nos eventos físicos, como: massa, velocidade, força, atrito da superfície de contato, aceleração entre outras. Desta forma, o simulador *PhET* se caracteriza como interessante recurso para a melhoria nos processos de ensino-aprendizagem da disciplina de Física.

Como o programa *PhET* tem um alcance mundial, onde muitas pessoas de diversos países contribuem para sua aplicação, o número de simulações disponíveis, como também sua utilização nos diferentes ramos das Ciências naturais é relativamente expressiva. O *software* disponibiliza 44 simulações para o Ensino de Física, distribuídas entre os conteúdos curriculares abordados tanto nos anos finais do Ensino Fundamental, mais principalmente naqueles retratados durante o Ensino Médio. Na Figura 1 está representada a página inicial do simulador computacional *PhET*, indicando preliminarmente cada um dos componentes curriculares já mencionados.

Figura 1 – Página inicial do simulador computacional PhET



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Com facilidade de acesso e boa interatividade aos usuários, o *PhET* ainda tem a possibilidade de funcionar em equipamentos tecnologicamente simples, sem a necessidade de recursos operacionais específicos. Acerca destas praticidades, Arantes (2010, p. 29) menciona ainda que “todas as simulações podem ser usadas diretamente na página principal, mas também é permitido o download. Elas são geralmente desenvolvidas em Flash e, se o computador não tiver o plug-in, o usuário é direcionado a baixar e instalar o recurso na sua máquina de forma simples”.

No PhET é também possível visualizar uma área reservada para os professores de Física, com simulações direcionadas para cada conteúdo e sugestões que buscam otimizar o uso desta plataforma. Na Figura 2 está representada as simulações com o simulador *PhET* para estudo de Força e Movimento (“Cabo de Guerra”, “Movimento”, “Atrito” e “Aceleração”).

Figura 2 – Simulações de Força e Movimento no simulador *PhET*



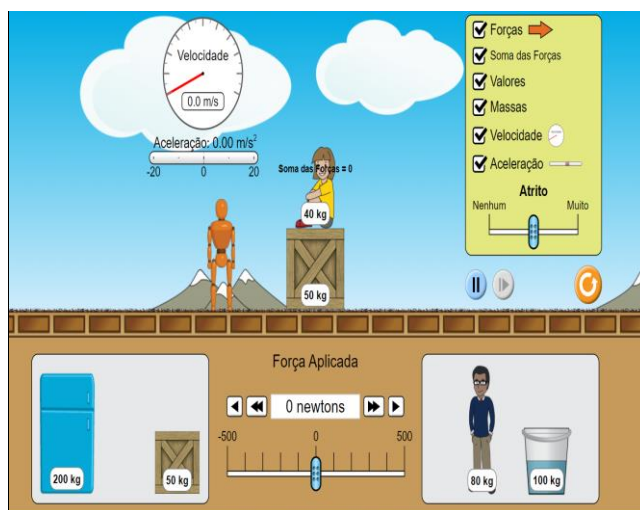
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Na primeira simulação “Cabo de Guerra”, é possível trabalhar os conceitos relativos à Força e Velocidade, como também como estas grandezas se relacionam. Nesta simulação pode-se alterar a Força aplicada, acrescentando ou diminuindo a quantidade e a distância em que os “bonecos” se encontram. Na simulação “Movimento” é possível abordar experimentalmente as mesmas grandezas físicas da simulação anterior, acrescentando-se, a massa. Já na simulação “Atrito”, a Força de Atrito é inserida didaticamente nos eventos, podendo variar com maior ou menor intensidade.

Por fim, têm a simulação “Aceleração”, apresentada por um maior número de variáveis presentes no estudo de Força e Movimento, quando comparada as demais simulações. Nesta ilustração experimental é possível trabalhar as grandezas força, velocidade, atrito, massa e

aceleração. Na Figura 3 traz a simulação “Aceleração” e as variáveis envolvidas neste sistema experimental.

Figura 3 – Simulação “Aceleração” no simulador computacional *PhET*



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Na Figura 3 é possível identificar na parte superior direita da tela os ícones Forças, Soma das Forças, Valores, Massas, Velocidade e Aceleração. No ícone Forças é possível identificar na simulação a Força Resultante e sentido das forças que estão atuando sobre os corpos. No ícone Soma das Forças identificam-se numericamente as forças que ali atuam. No ícone valores, os estudantes podem observar como estas grandezas se correlacionam dentro uma perspectiva matemática, pois os valores são expressos instantaneamente a cada modificação das variáveis. Já no ícone Velocidade é inserido um velocímetro, onde ao se modificar a força aplicada, a Força de Atrito e a Massa, a aceleração e a velocidade se modificam simultaneamente, dando a simulação uma representatividade próxima do que é evidenciado em um contexto real.

A partir do uso da simulação “Força e Movimento” do simulador *PhET*, foi possível perceber suas funcionalidades e aplicações, principalmente pela praticidade didática em sala de aula, podendo assim, determinar o tempo aproximado para cada simulação dentro de um contexto do plano de aula. É importante ressaltar, que estas simulações apresentam características visuais que instigam nos estudantes a observação e análise dos fenômenos, além de narrativas experimentais do cotidiano, contribuindo para o processo de aprendizagem.

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa, defendida por Ausubel, diferencia dois tipos de aprendizagem: aprendizagem mecânica e Aprendizagem Significativa. Aprender significativamente é conseguir aplicar o conhecimento em situações diferentes daquela que aprendeu (MOREIRA, 1999). Já aprendizagem mecânica traz uma abordagem fundamentada na memorização, não se atentando para o sentido daquela aprendizagem, restrita, em muitas situações facilmente esquecidas. O Quadro 1 apresenta de forma didática estas diferenças.

Quadro 1 – Comparativo entre Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

Aprendizagem Mecânica	Aprendizagem Significativa
É um processo onde uma nova informação interage com conhecimentos já preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, chamados subsunçores.	É um processo onde a nova informação tem pouca ou nenhuma interação com conceitos existentes na estrutura cognitiva do estudante, sendo armazenada de maneira arbitrária sem ligar-se aos subsunçores. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada.

Fonte: Adaptado. MOREIRA, 1999.

Deste modo, quando o professor pretende trabalhar com a teoria da Aprendizagem Significativa (AS), ele deve nortear sua atividade docente de forma que estes processos possam ser contemplados. Para a efetivação da AS, é necessária levar em consideração três pilares: a) O estudante deve apresentar subsunçores relevantes sobre a temática trabalhada, em sua estrutura cognitiva, para que sirvam de base para os novos conceitos; b) deve-se utilizar material didático potencialmente significativo; c) o estudante deve apresentar disposição em relacionar os novos conceitos.

No que se refere aos subsunçores, Ausubel orienta o uso de organizadores prévios para que estes sirvam de base a nova aprendizagem, como também para o desenvolvimento de conceitos subsunçores (MOREIRA; MASINI, 2011). Os organizadores prévios são caracterizados como materiais introdutórios, que devem ser socializados com os estudantes antes do novo conceito, funcionam como pontes cognitivas entre aquilo que o estudante já sabe e aquilo que vai ser ensinado, com o intuito de resgatar o que o aprendiz já sabe. Para Ausubel,

“[...] o fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1968, apud MOREIRA, 1999, p. 163).

Enquanto organizadores prévios podem-se utilizar várias atividades, desde simulações computacionais, como vídeos, textos, livro didático, problematizações do cotidiano, dentre outros. Nesse momento, torna-se importante oportunizar aos estudantes momentos em que os mesmos possam expressar seus conhecimentos que em seguida poderão servir de ancoradouros para aprendizagens futuras.

É importante lembrar que nem todos esses fatores (subsunçores relevantes, material didático potencialmente significativo e disposição do estudante em aprender) estão ao alcance do professor em sala de aula, contudo, o docente fica responsável por indicar os caminhos possíveis para a aprendizagem significativa. Considerando os princípios para construir um material potencialmente significativo, o professor pode utilizar em suas aulas atividades que propiciem maior envolvimento dos estudantes, instigando a reflexão, e por consequência permitindo uma conexão entre o que o estudante já sabe o que ele deverá aprender.

Por fim, têm-se a avaliação da aprendizagem significativa, parte importante do processo em que o professor utilizará de instrumentos avaliativos que possam aferir esta proposta de aprendizagem por parte dos estudantes. Segundo Moreira (2012, p. 10), “a avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, porque o que se deve avaliar é compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras.

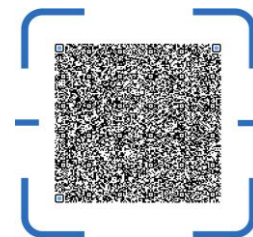
Contudo, essas situações novas devem ser propostas não apenas na avaliação, mas em todo o processo de aprendizagem, dentro de uma proposta gradativa. Entendendo que a avaliação deve acontecer numa perspectiva formativa, a mesma deve ser evidenciada em todas as etapas do processo. Ressaltamos, ainda, que a avaliação deve ter caráter recursivo, onde os possíveis erros dos estudantes não sejam ignorados, utilizando-os para promover a aprendizagem.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Caríssimo professor, esta sequência didática foi elaborada para ser desenvolvida com os estudantes do 1º ano do Ensino Médio, em três momentos pedagógicos. Estas etapas serão representadas por momentos em que se tem como objetivo inicial o levantamento dos conhecimentos prévios acerca dos conceitos de Força e Movimento, na etapa seguinte se propõe organizar estes conhecimentos, e por fim, o terceiro momento tem como intuito a aplicação do conhecimento, utilizando-se enquanto estratégia didática o simulador computacional *PhET*.

Na primeira etapa o professor deverá apresentar para os estudantes questões ou situações de eventos físicos presentes no cotidiano dos estudantes, onde os mesmos possivelmente não têm conhecimento científico e conceitual para uma interpretação plena da situação. Para uma problematização sobre Força e Movimento, foram pensadas em proposições que têm como objetivo analisar os conhecimentos que os estudantes possuem sobre as variáveis Força e Movimento (Velocidade, Força de Atrito, Massa e Aceleração), no contexto das 1ª e 2ª Leis de Newton, bem como estes conceitos pode inferir no comportamento de uma pessoa que se encontra dentro de um automóvel na perspectiva da utilização do sinto de segurança frente a estas variáveis.

Atividade 1



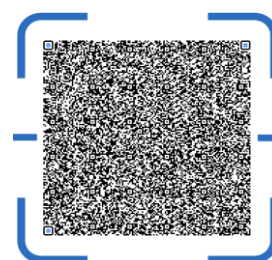
Duração: 1 aula de 50 minutos.

Proposições:

- 1) Acerca de alguns conceitos físicos, descreva o que entende por Força e Movimento.
- 2) O que entende sobre Força de Atrito? Se imaginarmos um automóvel se deslocando em uma pista asfaltada e outro em uma estrada de barro (esburacada), qual terá mais dificuldade em se deslocar? Por quê?
- 3) O que entende sobre as grandezas físicas massa, velocidade e aceleração? Em um caso onde um automóvel se encontra parado, e é necessário empurrá-lo, você entende que a massa do carro irá interferir em seu deslocamento e consequentemente na velocidade? Por quê?
- 4) Você já deve ter observado, que alguns condutores de automóvel não utilizam o cinto e segurança enquanto estão dirigindo. Por que este item de segurança é tão importante nos momentos de colisão? A aceleração e a velocidade em que se encontra um carro têm alguma relação com o uso deste item? Descreva seus entendimentos.
- 5) Existe alguma evidência entre os fenômenos físicos descritos na proposição anterior com as 1ª e 2ª Leis de Newton? Como você explica tal evidência?

A segunda etapa, que chamaremos de organização do conhecimento, sob a orientação do professor, deverá ocorrer o desenvolvimento das definições, conceitos e relações para que os estudantes possam perceber as explicações sobre as situações e fenômenos problematizados, podendo comparar o conhecimento adquirido com aquele pré-existente, para que então possa ser utilizado na interpretação das situações e fenômenos. Para tanto, sugere-se iniciar esta etapa da Sequência Didática usando como organizadores prévios um vídeo, no qual foi selecionado a fim de instigar um debate e estimular os estudantes a expor suas ideias. Nesse sentido, conforme Quadro 2, está disponível o link de acesso ao vídeo, que traz um contexto acerca do uso do cinto de segurança, por se tratar de um tema presente no cotidiano dos estudantes.

Atividade 2



Duração: 1 aula de 50 minutos.

Quadro 2: Vídeo selecionado

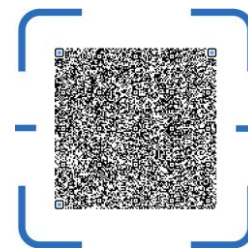
Vídeo: Situação real de sequelas ocasionadas pela ausência no uso do cinto de segurança: Apresenta a função e a importância do uso do cinto de segurança. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NgCER9BysQw>.

Fonte: O autor 2021.

Proposições:

- a) Quando acontece a colisão o que acontece com a pessoa que não está usando o cinto? A massa do corpo da pessoa pode influenciar nos possíveis danos físicos ocasionados no momento da colisão?
- b) Por que a pessoa que usa o cinto, não é lançada para frente? Este fato tem alguma relação com o momento e Inércia?
- c) A velocidade, a aceleração e a massa do carro podem influenciar na eficiência do uso do cinto de segurança? E as condições da pista (superfície de contato do pneu), também interferem nestes processos?

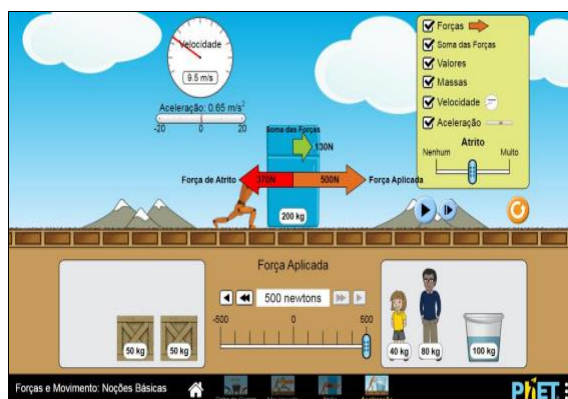
Atividade 3



Duração: 1 aula de 50 minutos.

Como proposta para outro momento da Sequência Didática (Atividade 3), serão trabalhadas as simulações ‘Força e Movimento’ com o simulador *PhET*. Para cada simulação serão tratados questionamentos dirigidos, que têm por objetivo estabelecer conectivos entre aquilo que o estudante já sabe e o que se deve aprender. Durante as simulações o professor deverá criar um ambiente de discussões, permitindo que os estudantes possam trazer indagações tanto conceituais como práticas sobre cada grandeza física envolvidas nos fenômenos. Na Figura 4 está representada a simulação “Aceleração” com a plataforma *PhET*.

Figura 4 – Simulação “Aceleração” no simulador *PhET*

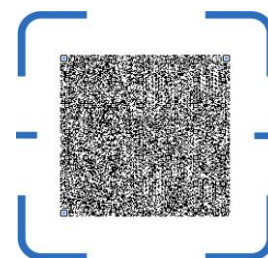


Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Proposições:

- a) Descreva o que acontece com a velocidade e a aceleração quando é aplicado uma Força de 500N em um objeto com massa de 200Kg?
- b) E quando esta mesma força for aplicada em um objeto de massa 50Kg? Explique.
- c) A força de atrito interfere no deslocamento do objeto? O que acontece com a força resultante quando se aumenta o atrito da superfície de contato? Explique.

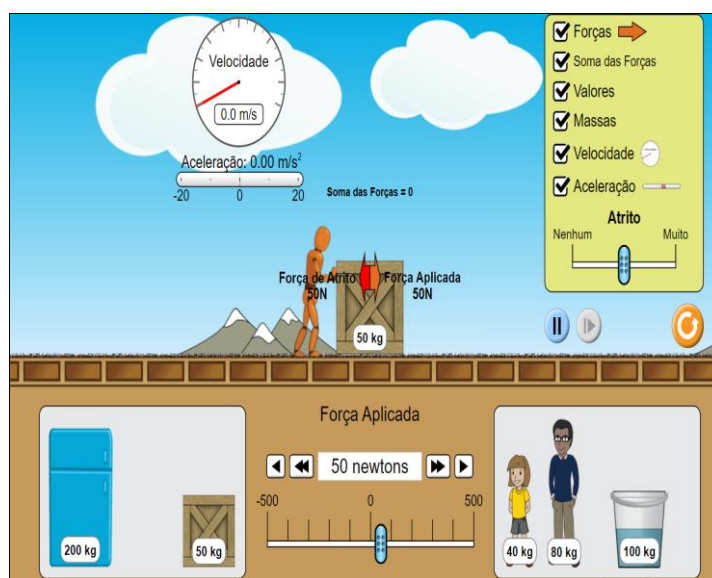
Atividade 4



Duração: 1 aula de 50 minutos.

Na Atividade 4 é proposto a Tabela 1, que deverá ser preenchida a partir das atividades de simulação na plataforma *PhET* com o experimento “Aceleração”, onde os estudantes devem manipular e analisar o comportamento das variáveis físicas Força, Massa, Velocidade, Aceleração e Atrito, diante de seus comportamentos físicos e quantitativos, respondendo aos questionamentos indicados. Está Atividade poderá ser realizada com grupos de até 5 estudantes.

Figura 4 – Simulação “Aceleração” no simulador computacional *PhET*



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Proposições:**Tabela 1:** Variáveis físicas presentes na simulação “Aceleração” do PhET

Força	Massa	Velocidade	Aceleração	Atrito
100N	50 Kg			Sem atrito
150N		10m/s		Sem atrito
	250Kg		2m/s ²	Sem atrito
250N	250Kg			Com atrito
300N	50Kg			Com atrito

Fonte: O autor, 2021.

- a) Analisando as variáveis físicas presentes na simulação “Aceleração”, qual a força mínima que deverá ser aplicada pelo boneco para deslocar um objeto com massa 50Kg, considerando a superfície de contato do objeto sem atrito? Como se encontra a aceleração no início do deslocamento?
- b) Em qual situação o objeto de massa 150Kg irá se deslocar no sentido contrário ao movimento (da direita para a esquerda)? Quais variáveis interferem neste processo?
- c) Utilizando a simulação “Aceleração” do simulador computacional *PhET*, se imaginarmos uma situação em que um automóvel se desloca com uma velocidade de 60Km/h e precisa fazer uma parada brusca, qual sentido e velocidade o motorista irá admitir no momento instantâneo final da frenagem. Estas circunstâncias físicas têm alguma relação com o uso obrigatório do cinto de segurança? Explique.

Para a terceira e última etapa (também disponível em código QR abaixo) desta Sequência Didática, que chamaremos de aplicação do conhecimento, deve-se abordar os saberes que os estudantes vêm incorporando, para poder analisar e interpretar a evolução nos processos de ensino e de aprendizagem. Esse momento é reservado para avaliação da aprendizagem, contudo, na perspectiva da Aprendizagem Significativa os estudantes devem ser avaliados durante todo o percurso metodológico proposto.

Estes procedimentos avaliativos podem ser feitos de forma coletiva ou individualizada. Os instrumentos de avaliação devem contemplar novas situações para os conteúdos então estudados, implique na compreensão e evidenciem significados para o que está sendo abordado. Sugere-se organizar a turma em grupos com no máximo 5 estudantes, estabelecendo para cada grupo um tópico diferente: 1ª Lei de Newton ou Princípio da Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica ou 2ª Lei de Newton, além de subclasses destes tópicos, como: atrito, massa, velocidade, aceleração, força, entre outros.

Para esta avaliação “final” será solicitado aos estudantes que construam um vídeo com duração máxima de 3 minutos, sobre cada um dos tópicos indicados pelo professor, relatando nos mesmos eventos do contexto cotidiano e, por fim, promover um momento de socialização dos trabalhos com a turma na aula seguinte.

REFERÊNCIAS

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: Usando Simulações PhET. **Revista Física na escola**, ISSN 1983-6430, v. 11 n. 01, 2010, p. 27-31.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. p. 1 – 109. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC-Secretaria de Educação Básica, 2018.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O Ensino da Física no Brasil: Problemas e Desafios**. Disponível em: <http://educer.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf>. Acessado em: 07 de jun. de 2021.

GALIAZZI, M. C.; et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru-SP, v.7, n. 2, p. 249-263, 2001.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. 4. ed. São Paulo: Editora Centauro, 2011.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2012. Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>>. Acesso em 13 de jun. 2021.