



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO

AS ESTRATÉGIAS DOS ESTUDANTES PARA O CÁLCULO DA
GRAVIDADE EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS
REALIZADAS EM AMBIENTE MATERIAL E VIRTUAL

SALVADOR, BA
Maio, 2022

SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO

**AS ESTRATÉGIAS DOS ESTUDANTES PARA O CÁLCULO DA
GRAVIDADE EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS
REALIZADAS EM AMBIENTE MATERIAL E VIRTUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Linha de Pesquisa: Ensino de Ciência.

Orientadora: Profa. Dra. Amanda Amantes

SALVADOR, BA
Maio, 2022

SIBI/UFBA/Faculdade de Educação – Biblioteca Anísio Teixeira

Porto, Silvia Carla Cerqueira.

As estratégias dos estudantes para o cálculo da gravidade em atividades tradicionais e investigativas realizadas em ambiente material e virtual / Silvia Carla Cerqueira Porto. - 2022.

233 f. : il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Amanda Amantes Neiva.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2022.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

1. Estratégias de aprendizagem. 2. Habilidades. 3. Aprendizagem experimental. 4. Física (Ensino médio) - Estudo e ensino - Experiências. 5. Ambiente escolar. I. Neiva, Amanda Amantes. II. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDD 371.3 - 23. ed.

SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO

**AS ESTRATÉGIAS DOS ESTUDANTES PARA O CÁLCULO DA
GRAVIDADE EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS
REALIZADAS EM AMBIENTE MATERIAL E VIRTUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Ensino de Ciência.

Aprovada em: 5 de maio de 2022.

Banca Examinadora:

Amanda Amantes Neiva – Orientadora

Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Universidade Federal da Bahia

Elder Sales Teixeira

Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia e pela Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil

Universidade Estadual de Feira de Santana

Elrismar Oliveira

Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo, Brasil

Universidade Federal do Amazonas

Geide Rosa Coelho

Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Universidade Federal do Espírito Santo

Katemari Rosa

Doutora em Educação em Ciências, Columbia University, Estados Unidos

Universidade Federal da Bahia

DEDICATÓRIA

*A minha amada e querida Mãe, Maria José Cerqueira Porto (in memória).
Minha musa inspiradora que, mesmo em ausência,
cumpre seu memorável papel de Mãe.*

AGRADECIMENTOS

Muitas são as pessoas e instituições que contribuíram para o meu progresso pessoal e profissional. Assim, não é possível citar todas aqui, mas a todas o meu muito obrigado.

Ao Pai Supremo e Criador e ao seu amado filho Jesus Cristo pelo dom da vida e por todo cuidado amoroso que têm tido comigo.

Aos meus familiares por todo amor, carinho, apoio e exemplos de humildade e honestidade. Em particular a meu Pai, irmãos, sobrinhos, e tios Geni, Tonho, Lita, Nade, Dinho, Iêda, Taninha e Dézia. Ao querido primo Marcos Porto, por todo apoio psicológico e técnico. Você é showw! Ao meu amado primo Manoel Pereira Filho, por todo o apoio e carinho. Muito obrigado por sempre me incentivar a seguir mesmo diante de dificuldades.

Meus sinceros agradecimentos à professora Amanda Amantes pela oportunidade de desenvolvermos a pesquisa conjuntamente e por ter acreditado em mim, pelas orientações e compreensões diante de minhas limitações.

Minha gratidão aos colegas do nosso grupo de pesquisa, Laboratório de Metodologia e Pesquisa Mista em Ensino de Ciências (LAMPMEC), pelo apoio nos momentos de dificuldades e por todo conhecimento compartilhado.

O meu muito obrigado, em especial, a Moisés Cruz, meu amigo, irmão e incentivador há mais de duas décadas. Esteve comigo nos momentos mais difíceis para me apoiar; a Agamenon, meu amigo, parceiro de pesquisa e uma pessoa que contribuiu muito para o meu crescimento profissional; a Tamila, Fernanda, Jack e Júnior por todo carinho, apoio e presteza nessa caminhada. A ajuda de vocês foi fundamental para a produção desse material.

Às mais de setecentas pessoas envolvidas na pesquisa, entre estudantes, professores, técnicos, pesquisadores e professores colaboradores.

Aos professores e pesquisadores que compuseram a banca de qualificação e defesa pelas valiosas contribuições.

Aos professores e servidores do programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências UFBA/UEFS pelos ensinamentos e presteza nos serviços.

À Patrícia Santiago Viana Teixeira de Souza por toda a colaboração e paciência na submissão do Projeto de Doutorado ao Comitê de Ética.

Aos colegas do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, *Campus* Feira de Santana, por contribuírem com minha pesquisa, em especial aos integrantes do Grupo de Pesquisa NEPCENT. A cada um de vocês meu muito obrigado. Ricardo e Yuri muitíssimo obrigado pelo apoio para o meu afastamento para qualificação, sem vocês não isso ocorreria. João Dantas, Jailton Almeida, Ítalo Moura, Osnildo Carvalho e Moisés Leite: não dá nem para falar, brigaduuuuuuuuu!!, por serem o apoio nos momentos de dificuldades. Taise, Daiane e Moema são três bonequinhos com palavra carinhosas que acalentam minha alma, valeu meninas!

Não poderia deixar de falar de Dedison Moura e Luiz Fortes, muito obrigado pelo apoio quando precisei.

Finalmente a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para que essa Tese fosse construída.

PORTO, Silvia Carla Cerqueira. As estratégias dos estudantes para o cálculo da gravidade em atividades tradicionais e investigativas realizadas em ambiente material e virtual. 2022. Orientadora: Amanda Amantes Neiva. 233 f. il. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador; Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2022.

RESUMO

Essa tese apresenta uma investigação sobre as estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais (Pêndulo Simples), quando apresentada de natureza tradicional (tarefas) e investigativa (desafios) em dois ambientes distintos: material e virtual. O método de análise utilizado foi fundamentalmente misto, pautado em análise exploratória, testes estatísticos, bem como na classificação das estratégias a partir de um sistema categórico de habilidades e da Taxonomia SOLO. Tivemos a participação de cerca de 341 estudantes de 12 turmas do Ensino Médio Integrado de uma escola pública federal, em dois *campi*. A tese é em formato *multipaper* e contém quatro artigos. O primeiro artigo teve como objetivo investigar quais foram as estratégias utilizadas pelos estudantes ao realizarem a prática experimental, quando apresentada de natureza tradicional e investigativa. Os resultados mostraram que habilidades de duas naturezas foram mobilizadas pelos estudantes no momento de resolução da/o tarefa/desafio: procedimental e interpretativa. Para a habilidade procedimental identificamos cinco tipos específicos de categorias, inferidas a partir das respostas dos estudantes: habilidade em executar medidas (**EXM**); habilidade em fazer cálculo de média (**FCM**); habilidade em resolver equações matemáticas (**EQM**); habilidade em aplicar regras matemáticas (**ARM**) e a categoria própria da atividade investigativa: habilidade em propor a solução do problema (**PSP**). Já para a interpretativa, identificamos a categoria habilidade de verificar (examinar) a validade da resposta encontrada (**VRE**). Os resultados apontam que a habilidade procedimental, para a amostra geral de respondentes, é significativamente diferente da habilidade interpretativa, sendo maior essa última. Quando realizamos a análise de acordo com a natureza da atividade respondida, identificamos que a atividade tradicional demandou habilidades do tipo procedimental e interpretativa de maneira adequada. Já a atividade investigativa demandou mais a mobilização das habilidades procedimentais **EQM** e **EXM**, e a habilidade interpretativa **VRE**. Testes estatísticos mostraram que existem diferenças significativas entre as habilidades mobilizadas pela atividade tradicional e a atividade investigativa. O segundo artigo teve como objetivo investigar quais as estratégias utilizadas pelos estudantes ao realizarem a prática experimental, quando apresentada de natureza tradicional e investigativa em dois ambientes distintos: material/virtual. Dessa forma fizemos a comparação geral em relação ao ambiente em que a atividade foi realizada. Testes estatísticos mostraram que o ambiente material mobilizou mais habilidades associadas ao momento em que o estudante coloca seu conhecimento em ação para realizar a parte procedimental, e o ambiente virtual mobilizou mais a habilidade de natureza interpretativa. Quando analisamos se o fator ambiente (material/virtual) atuou de maneira diferente no momento em que foram aplicadas as atividades tradicional e investigativa, verificamos que: tanto o ambiente material como o virtual promoveu a mobilização de habilidades específicas de maneira diferenciada quando foi aplicada a atividade investigativa; quando foi aplicada a atividade tradicional apenas o ambiente material promoveu a mobilização

de habilidades específicas. O terceiro artigo investigou o grau de profundidades em que as habilidades do tipo procedimental e interpretativa se apresentaram inferidas nas respostas à/ao tarefa/desafio. Construímos uma ferramenta metodológica para investigarmos aspectos do emprego de diferentes habilidades nos seus distintos níveis de complexidade em atividades de natureza experimental, mas com características distintas, tanto em termos de abordagem como em termos de ambiente de aplicação. Verificamos que, ao aplicarmos as atividades tradicionais e investigativas nos ambientes de ensino material e virtual, houve a explicitação de habilidades de planejamento, execução e avaliação para ambos os ambientes em diferentes graus de profundidade a depender de sua natureza. Quando levamos em consideração o aspecto ambiente e natureza da atividade utilizada, verificamos que a habilidade procedimental, associada ao uso da ferramenta matemática, foi a que apresentou maior nível de complexidade. O quarto artigo teve como objetivo investigar a existência de possíveis preditores de aprendizagem que podem exercer influência no momento em que os estudantes utilizam as estratégias de aprendizagem para resolver a atividade tradicional/investigativa no ambiente de ensino material/virtual. Através de uma análise exploratória, verificamos que três preditores atuaram: gênero, curso e instituição. Ao consideramos a natureza da atividade e o tipo de ambiente de ensino em que a prática experimental foi realizada, verificamos que a influência dos preditores se deu em habilidades específicas a depender da natureza da atividade resolvida e do tipo de intervenção aplicada.

Palavras-chave: habilidade; taxonomia SOLO; prática experimental; pêndulo simples; ambiente de ensino.

PORTO, Silvia Carla Cerqueira. Students' strategies for calculating gravity in traditional and investigative activities carried out in a material and virtual environment. 2022. Advisor: Amanda Amantes Neiva. 233 f. Thesis (Doctorate in Teaching, Philosophy and History of Sciences) – Federal University of Bahia, Salvador; State University of Feira de Santana, Feira de Santana, 2022.

ABSTRACT

This thesis presents an investigation about the strategies used by students to solve an experimental practice on formal content (Simple Pendulum), when presented in a traditional (tasks) and investigative (challenges) nature in two distinct environments: material and virtual. The analysis method used was fundamentally mixed, based on exploratory analysis, statistical tests, as well as the classification of strategies from a categorical system of skills and SOLO Taxonomy. We had the participation of about 341 students from 12 integrated high school classes of a federal public school, on two campi. The thesis is in multipaper format and contains four articles. The first article aims to investigate which strategies were used by students when performing the experimental practice, when presented in a traditional and investigative nature. The results showed that skills of two natures were mobilized by the students at the time of task/challenge resolution: procedural and interpretative. For the procedural ability we identified five specific types of categories, inferred from the students' answers: ability to execute measures (**EXM**); ability to do average calculation (**FCM**); ability to solve mathematical equations (**EQM**); ability to apply mathematical rules (**ARM**) and the category of investigative activity: ability to propose a solution to the problem (**PSP**). For the interpretative, we identified the category ability to verify (examine) the validity of the answer found (**VRE**). The results indicate that the procedural ability, for the general sample of respondents, is significantly different from the interpretative ability, however, the last one is more considered. When we performed the analysis according to the nature of the activity answered, we identified that the traditional activity required procedural and interpretative skills in a balanced way. On the other hand, the investigative activity required more the mobilization of the procedural skills **EQM** and **EXM**, and the interpretative ability **VRE**. Statistical tests showed that there are significant differences between the skills mobilized by traditional activity and investigative activity. The second article aimed to investigate which strategies the students used when performing the experimental practice, when presented in a traditional and investigative nature in two different environments: material/virtual. Thus, we made the general comparison in relation to the environment in which the activity was carried out. Statistical tests showed that the material environment mobilized more skills associated with the moment when the student puts his knowledge into action to perform the procedural part, and the virtual environment mobilized more the skill of interpretative nature. When we analyzed whether the environmental factor (material/virtual) acted differently at the time when traditional and investigative activities were applied, we found that: both the material and virtual environments promoted the mobilization of specific skills differently when the investigative activity was applied; when the traditional activity was applied only the material environment promoted the mobilization of specific skills. The third article investigated the degree of depths in which procedural and interpretative skills were inferred in the responses to the task/challenge. We have built a methodological tool to investigate aspects of the use of different skills, in its different levels of complexity in experimental activities, but with distinct

characteristics, both in terms of approach and in terms of application environment. We verified that, when applying traditional and investigative activities in material and virtual, teaching environments there was the explicitness of planning, execution and evaluation skills for both environments in different degrees of depth depending on their nature. When we took into account the environmental aspect and nature of the activity used, we verified that the procedural ability associated with the use of the mathematical tool was the one with the highest level of complexity. The fourth article aimed to investigate the existence of possible predictors of learning that can influence the moment when students use learning strategies to solve traditional/investigative activity in the material/virtual teaching environment. Through an exploratory analysis we verified that three predictors acted: gender, course and institution. When we considered the nature of the activity and the type of teaching environment in which the experimental practice was performed, we verified that the influence of the predictors occurred on specific skills depending on the nature of the activity solved and the type of intervention applied.

Keywords: skill; SOLO taxonomy; experimental practice; simple pendulum; teaching environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho da Pesquisa Colaborativa	29
Figura 2 – <i>Kit</i> experimental de Pêndulo Simples	34
Figura 3 – Tela de simulação computacional “Laboratório de Pêndulos”	34
Figura 4 – Fragmento do questionário de validação – Atividade Investigativa	36
Figura 5 – Fragmento do questionário de validação – Atividade Tradicional	40
Figura 6 – Desenho da Intervenção – I.....	43
Figura 7 – Correspondência entre tarefas e desafios	66
Figura 8 – Esquema de aplicação das intervenções nas turmas	68
Figura 9 – Modelo de habilidades gerais.....	76
Figura 10 – Modelo de Habilidades	100
Figura 11 – Agrupamento de itens da atividade investigativa	101
Figura 12 – Modelo de Habilidades	132
Figura 13 – Caracterização dos estágios(modos) de pensamento da Taxonomia SOLO.....	152
Figura 14 – Desenho das Intervenções – I.....	186

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Coeficiente <i>Kappa</i> – validação por pares atividade investigativa	38
Tabela 2 – Coeficiente <i>Kappa</i> – validação por pares para atividades tradicionais	41
Quadro 1 – Intervenção x quantidade de estudantes	44
Quadro 2 – Ambiente x quantidade de estudantes	44
Quadro 3 – Natureza da atividade x quantidade de estudantes	44
Quadro 4 – Desenho das Intervenções – II	45
Quadro 5 – Objetivos – Tarefas (T) x Desafios (D).....	66
Quadro 6 – Enunciado do item x descrição do item	69
Quadro 7 – Formato do item x resposta ao item	70
Quadro 8 – Item x habilidade demandada.....	71
Quadro 9 – Sistema Categórico construído a partir da Taxonomia SOLO.....	73
Quadro 10 – Exemplos de respostas categorizadas para identificar habilidades de maneira dicotômica	74
Quadro 11 – Exemplos de respostas categorizadas segundo a SOLO	75
Quadro 12 – Tarefa Tradicional	95
Quadro 13 – Desafio Investigativo	95
Quadro 14 – Desenho de intervenção	96
Quadro 15 – Exemplos de itens procedimentais e interpretativos	98
Quadro 16 – Recorte do Sistema Categórico utilizado na análise dos dados	101
Quadro 17 – Comparação das diferenças de média	105
Quadro 18 – Pareamento entre itens das atividades tradicional/investigativa	107
Quadro 19 – Resumo do teste de hipóteses.....	110
Quadro 20 – Teste Estatístico	110
Quadro 21 – Atividades Tradicionais x Atividades Investigativas.....	123
Quadro 22 – Exemplos de itens de natureza procedimental/interpretativa.....	127
Quadro 23 – Item x habilidades demandadas	129
Quadro 24 – Recorte do Sistema Categórico utilizado na análise dos dados	131
Quadro 25 – Pareamento de itens de acordo com o ambiente de ensino: virtual e material.....	133
Quadro 26 – Comparação Geral – Teste Estatístico	134

Quadro 27 – Teste Estatístico: Abordagem Material	135
Quadro 28 – Teste Estatístico: Abordagem Virtual	136
Quadro 29 – Níveis de complexidade da Taxonomia SOLO.....	153
Quadro 30 – Tarefa Tradicional	155
Quadro 31 – Desafio Investigativo	156
Quadro 32 – Recorte do Sistema Categórico construído a partir da Taxonomia SOLO	158
Quadro 33 – Pareamento entre itens das atividades tradicional/investigativa	159
Quadro 34 – Exemplos de categorização aplicando a Taxonomia SOLO	160
Quadro 35 – Exemplos de Respostas	162
Quadro 36 – Intervenção x quantidade de estudantes	166
Quadro 37 – Desenho das Intervenções – II	187
Quadro 38 – Categorias de habilidades.....	189
Quadro 39 – Exemplo de categorização.....	189

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Perfil geral de Habilidades Específicas	103
Gráfico 2 – Perfil de Habilidades Específicas: Investigativa x Tradicional	108
Gráfico 3 – Atividade investigativa.....	163
Gráfico 4 – Atividade Tradicional.....	163
Gráfico 5 – Ambiente Material.....	165
Gráfico 6 – Ambiente Virtual.....	165
Gráfico 7 – PSP – Investigativa: M x V	167
Gráfico 8 – EQM – Investigativa: M x V	168
Gráfico 9 – EQM – Tradicional: M x V	169
Gráfico 10 – VRE – Investigativa: M x V.....	171
Gráfico 11 – VRE – Tradicional: M x V	171
Gráfico 12 – Gênero <i>versus</i> atividade	191
Gráfico 13 – Curso <i>versus</i> atividade.....	192
Gráfico 14 – Instituição <i>versus</i> atividade	193
Gráfico 15 – Gênero <i>versus</i> ambiente	194
Gráfico 16 – Curso <i>versus</i> ambiente.....	195
Gráfico 17 – Instituição <i>versus</i> ambiente	196

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
ARM	Aplicar Regras Matemáticas
EQM	Resolver Equações Matemáticas
EXM	Executar Medidas
FCM	Fazer Cálculos de Médias
IPC	Índice Percentual de Concordância
PSP	Propor Soluções do Problema
SOLO	<i>Structure of Observing Learning Outcome</i> / Estrutura de Observação do Resultado da Aprendizagem
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i> /Pacote Estatístico para Ciências Sociais
VRE	Verificar (examinar) a Validade das Respostas Encontradas

SUMÁRIO

CAPÍTULO INTRODUTÓRIO	18
1 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA.....	18
1.1 Motivação inicial	18
1.2 Organização da Tese.....	20
1.3 Contextualização do tema da pesquisa	22
1.4 Considerações Éticas da Pesquisa	24
1.5 Objetivos, Questão de Pesquisa e Problemática	25
1.5.1 Objetivo Geral	27
1.5.2 Objetivos Específicos	28
1.6 <i>Design</i> da Pesquisa	28
1.7 Instrumentos de Intervenção, <i>Kit</i> Material e Simulação Computacional	30
1.7.1 Construção do Instrumento de Natureza Tradicional	31
1.7.2 Construção da Atividade Investigativa.....	32
1.7.3 Descrição do <i>Kit</i> Experimental e da Simulação Computacional: Pêndulo Simples .	33
1.8 Sujeitos e a Coleta de Dados	35
1.8.1 Validação dos Materiais	35
1.9 Pesquisa efetiva	42
1.10 Síntese dos Resultados da Pesquisa apresentada por Xavier (2018)	45
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	49
2.1 Prática Experimental e Tipos de Laboratório no Ensino de Física.....	49
2.3 Atividade Investigativa e Roteiro Tradicional.....	51
2.4 O Conceito de Pêndulo Simples	55
2.5 Perspectiva de Aprendizagem.....	57
3 METODOLOGIA	62
3.1 Descrição dos Dados Coletados.....	62
3.1.1 Dinâmica de aplicação do material.....	62
3.2 Elaboração dos Sistemas Categóricos	68
3.2.1 Natureza dos Itens.....	69
3.2.2 Habilidades Demandadas pelos Itens	69

3.3 Taxonomia SOLO.....	72
3.4 Classificação de Acordo com os Sistemas Categóricos	74
3.5 Análise de Frequências e Testes de Diferença de Média	75
REFERÊNCIAS	78
CAPÍTULO 1: MAPEAMENTO DE HABILIDADES DOS ESTUDANTES EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS SOBRE PÊNULO SIMPLES..	86
Introdução.....	87
Atividade Tradicional X Atividade Investigativa	88
Habilidades no Laboratório	90
Método.....	94
<i>Design</i> da Pesquisa	94
Coleta de Dados.....	95
Método de Análise.....	97
Análise e Resultados	102
Considerações Finais	111
Referências	112
CAPÍTULO 2: MAPEAMENTO DE HABILIDADES DOS ESTUDANTES AO RESOLVEREM UMA TAREFA/DESAFIO SOBRE PÊNULO SIMPLES NO AMBIENTE MATERIAL E VIRTUAL	118
Introdução.....	119
Laboratório Material x Laboratório Virtual	121
Aprendizagem em atividades Tradicionais e Investigativas	122
Desenvolvimento de Habilidades	124
Método.....	126
Análise e Resultados	133
Considerações Finais	137
Referência.....	138
CAPÍTULO 3: EMPREGANDO A TAXONOMIA SOLO PARA INVESTIGAR HABILIDADES EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS	142
Introdução.....	143
Referencial Teórico	146

Método.....	154
Métodos de Análise	156
Análise e Resultados	159
Considerações Finais	172
Referências	175
CAPÍTULO 4: FATORES QUE DEMARCAM QUAL O TIPO DE ESTRATÉGIA É EMPREGADA NA RESOLUÇÃO DE TAREFAS E DESAFIOS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	179
Introdução.....	179
Atividade Experimental, Estratégias dos Estudantes e Preditores	180
Métodos	184
Análise e Resultados	191
Considerações finais.....	196
Referências	198
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	203
Retomando a decisão pela pesquisa colaborativa.....	203
Retomando os resultados da pesquisa efetiva	204
Contribuições para o ensino de Física.....	206
Limitações do estudo e implicações para pesquisas futuras.....	206
Referências	206
APÊNDICES	207
Atividade Investigativa.....	207
Sugestão de Aula Expositiva.....	211
Roteiro Estruturado: Laboratório Material.....	215
Roteiro Estruturado: Laboratório Virtual	219
ANEXOS	224
Parecer Consubstanciado – Comitê de Ética e Pesquisa	224
Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (menores de 18 anos)	228
Consentimento da Participação da Pessoa como Participante da Pesquisa.....	230
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Pais ou Responsáveis)	231
Consentimento da Participação do(a) Filho(a) como Participante da Pesquisa	233

CAPÍTULO INTRODUTÓRIO

1 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

1.1 Motivação inicial

Neste tópico, no qual apresento um breve relato de minhas motivações, sintetizo as circunstâncias que me levaram a desenvolver essa pesquisa, assim como a escolha de uma prática experimental apresentada na forma tradicional (tarefas) e investigativa (desafios), aplicadas em dois ambientes distintos: material e virtual. Tal relato é baseado em minha própria prática docente e o desejo de trazer contribuições para o processo de ensino-aprendizagem no Ensino de Ciências, em particular da Física. Em seguida, apresento os argumentos nos quais me baseei para a escolha do formato de Tese a ser desenvolvida e, de modo detalhado, apresento a organização e estrutura do trabalho.

Com o desenvolvimento dessa pesquisa, de alguma maneira, pretendo dar seguimento ao meu trabalho de mestrado (PORTO, 2015), em que uma das metas era apresentar novas perspectivas de ensino e formas de abordagens que servissem como auxílio para a superação de obstáculos de aprendizagem no que se referem a conceitos teóricos mais complexos. Parte dos resultados encontrados apontaram para a necessidade de que outros estudos fossem desenvolvidos, com o intuito de investigar o potencial da utilização de atividades de natureza investigativa. Levando-se em consideração que a investigação conduzida trouxe contribuições para pesquisadores da área de Ensino de Ciências, professores e estudantes, eu e minha orientadora decidimos por ampliar nosso leque de observações. Assim, resolvemos que deveriam ser construídos instrumentos de pesquisa de diferentes naturezas (tradicional/investigativa) que pudessem ser aplicados nos ambientes de ensino material e virtual.

Inicialmente, pensamos em investigar aspectos relacionados com a aquisição da linguagem científica dos estudantes, posicionamento crítico, processos reflexivos e entendimentos generalizados. No entanto, como duas questões de pesquisa se mostraram mais provocantes – “Qual a contribuição do ambiente (virtual e material) e abordagem (investigativa e tradicional) para a aprendizagem de conteúdos formais de Física?” e “Quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais quando

apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafios)?” –, decidimos que deveria ser conduzida uma pesquisa em parceria com outro pesquisador sobre o tema “Aprendizagem sobre Conteúdo de Pêndulo Simples” na modalidade colaborativa (mesma coleta de dados), no entanto com questões de pesquisa diferentes.

O foco desse trabalho está em responder à segunda questão de pesquisa: **“Quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais quando apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafios)?”**. A primeira questão de pesquisa, “Em que medida atividades tradicionais e investigativas contemplam a aprendizagem de conteúdos formais de alto grau de abstração?”, foi respondida por meio da tese apresentada por Xavier (2018).

A manutenção do conteúdo de Pêndulo Simples se deu em decorrência de verificarmos, durante a pesquisa do mestrado, que era um conteúdo que na escola pública federal pode ser trabalhado para turmas da 1ª e 2ª séries do Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico. Logo, poderíamos ter um número de turmas participantes expressivo ao mesmo tempo em que poderíamos estudar se a variável maturidade influenciava no uso de estratégias específicas. Precisávamos também que o conteúdo a ser explorado na pesquisa coincidissem com o conteúdo que os professores das turmas lecionassem o período da coleta de dados a ser feita. O conteúdo de Pêndulo Simples atendeu a esse critério específico, uma vez que a coleta de dados da pesquisa não iria atrapalhar a programação de conteúdos seguida pelos professores das respectivas turmas. Outro fator de grande importância é que durante a pesquisa do mestrado verificamos que a simulação computacional, disponível no site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab, era a que mais se assemelhava ao *kit* material físico correspondente para executar as atividades.

Quando comento sobre semelhança entre *kit* experimental e simulação computacional, estou me referindo à possibilidade de que os estudantes pudessem reproduzir o mesmo experimento, usando diferentes recursos (*kit* experimental/simulação computacional), e que o recurso utilizado não limitasse o estudante durante a parte procedimental. Assim, foi minuciosamente verificado se a simulação computacional possibilitava que fossem feitos ajustes e medidas de comprimento de fio, se possuía um medidor de intervalo de tempo, um medidor de ângulo de abertura e um medidor de massa pendular.

Com o desenvolvimento dessa pesquisa, pretendíamos verificar possíveis contribuições que as abordagens tradicionais e investigativas, bem como os laboratórios material e virtual, podem trazer para a aprendizagem de conteúdos formais dos estudantes. Outra importante contribuição foi do ponto de vista metodológico, pois os instrumentos desenvolvidos, bem como a Sequência de Ensino por Investigação, a sugestão de aula expositiva e a Sequência Didática pudessem ser utilizadas pelos professores no contexto de suas aulas teóricas ou experimentais. Vale ressaltar que essa pesquisa pode ainda ser replicada, utilizando outros conteúdos formais de Ciências não necessariamente de Física.

1. 2 Organização da Tese

Pesquisas têm demonstrado que muitas são as discussões sobre os diferentes formatos de dissertações e teses na área de Educação (DUKE; BECK, 1999; BARBOSA, 2015). A publicação de uma dissertação envolve não só a elaboração de proposições diante de um determinado objeto de estudo, com o fim da obtenção de um título acadêmico de mestre ou doutor, como também se constitui em importante elemento de comunicação científica (HOUAISS, 2017).

O formato das dissertações e teses apresentam similaridades entre os países, no entanto a forma como o material impresso ou eletrônico e o redator são avaliados difere entre países e dentro dos próprios países (COSTA, 2014).

Em particular, no Brasil, na maioria das universidades, os programas são responsáveis pela elaboração das propostas de formato dos trabalhos acadêmicos, haja vista que existem particularidades específicas de cada área de conhecimento no que tange à publicação em periódicos científicos. Assim, diante do exposto, é de se convir que um “único formato” não será adequado para todos os países, instituições e áreas de conhecimento (BATISTA; MOCROSKY; MONDINI, 2017).

No caso da presente pesquisa, o modelo *multipaper*¹ se mostrou adequado para a apresentação do desenvolvimento do estudo realizado. Esse é um formato alternativo, amplamente utilizado em diferentes áreas de pesquisa acadêmica. Nossa escolha é fundamentada na possibilidade de maior divulgação da produção científica, sendo que o modelo desse formato

¹ “Apresentação de uma dissertação ou tese como uma coletânea de artigos publicáveis, acompanhados, ou não, de um capítulo introdutório e de considerações finais.” (MUTTI; KLÜBER, 2018)

facilita a produção de artigos e uma melhor apresentação dos resultados obtidos no decorrer do processo de formação científica (DUKE; BECK, 1999; BARBOSA, 2015).

Para tanto, o trabalho envolveu o desenvolvimento de quatro estudos empíricos, os quais almejam: 1) identificar e avaliar as habilidades explicitadas pelos estudantes ao resolverem atividades investigativas e tradicionais sobre Pêndulo Simples; 2) analisar se o ambiente de ensino tende a contemplar estratégias diferentes a serem utilizadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre Pêndulo Simples; 3) empregar a Taxonomia SOLO para investigar habilidades em atividades tradicionais e investigativas quando realizadas em dois ambientes distintos: material e virtual; 4) investigar a existência de possíveis preditores contextual e/ou amostral, que podem ter influenciado as habilidades explicitadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre Pêndulo Simples.

Os artigos foram construídos enquanto obras prontas, os quais serão submetidos a periódicos após a apresentação de defesa do trabalho construído. A junção dos artigos contempla o objetivo geral da pesquisa, elencado no corpo do texto da tese apresentada. A presente pesquisa segue uma abordagem metodológica para análise dos dados denominada de mista.

Por fim, a seção “Considerações Finais” apresenta as conclusões da pesquisa desenvolvida de modo colaborativo. Nessa seção, são discutidos os resultados apresentados nos quatro artigos com o propósito de incentivar novas discussões teóricas e apontar alguns delineamentos de ações pedagógicas, assim como levantar outras hipóteses para futuros trabalhos.

Nas próximas subseções, trazemos uma explanação da pesquisa desenvolvida como um todo, objetivos, justificativa, questões de pesquisa e problemática a ser investigada. Em seguida, apresentamos o *design* da pesquisa colaborativa desenvolvida por mim e por outro pesquisador (XAVIER, 2018), na busca de fornecer uma visão ampla do desenvolvimento de nosso trabalho; uma descrição dos instrumentos de intervenção, *kit* material e simulação computacional; os sujeitos que participaram do processo de validação dos instrumentos de intervenção; os sujeitos, atividades e contextos envolvidos no processo de coleta de dados; uma explicação de como ocorreu todo o processo de coleta de dados; uma síntese dos resultados apresentados por Xavier (2018), na primeira parte da pesquisa colaborativa. Por fim, finalizamos essa parte trazendo as considerações sobre a fundamentação teórica do estudo.

1.3 Contextualização do tema da pesquisa

A necessidade de resolver tarefas/desafios pode surgir em qualquer momento de nossas vidas, não necessariamente envolve o contexto acadêmico. Por exemplo, a decisão sobre qual roupa vestir, quais itens incluir nas compras do supermercado, qual comida preparar para o almoço e qual melhor trajeto para se deslocar da casa até o trabalho envolvem decisões que, definitivamente, solicitam das pessoas pensamentos sobre quais passos devem ser executados. No entanto, para muitas pessoas tanto o elencar de passos a serem executados como a execução dos passos se constitui em uma grande dificuldade. Nesse sentido, o uso de habilidades para resolver tarefas/desafios é de fundamental importância nas diversas atividades desenvolvidas por cada pessoa de modo individual ou coletivo (CAI; LESTER, 2010).

No contexto escolar, especificamente, o uso de habilidades de resolução de tarefas/desafios começa nos anos iniciais, quando o estudante é solicitado a se expressar verbalmente, a usar escrita para expor suas ideias, a pensar sobre quais procedimentos adotará, a usar as ferramentas matemáticas e, por fim, a avaliar as respostas encontradas. Assim, a resolução de tarefas/desafios é um processo complexo que envolve o uso e a mobilização de várias habilidades em conjunto (DVORNIKOVA; KOSTROMINA, 2009).

Nessa perspectiva, uma maneira eficaz de estudar as habilidades mobilizadas pelos estudantes ao resolverem tarefas/desafios é identificá-las dentro de uma estrutura de concepção de estratégias de aprendizagem. O uso dessas estratégias de aprendizagem faz parte do processo educacional, uma vez que envolvem ações que estão associadas ao processo de planejamento, execução e avaliação (WEINSTEIN; MAYER, 1986). A definição adotada nessa pesquisa para habilidade é a mesma utilizada por Schwartz e Fischer (2004), em que o traço é definido não como o comportamento dos estudantes, mas está relacionada com o contexto em que a atividade é realizada, e diz respeito a um atributo mobilizado em ações mentais ou motoras para lidar com situações em que são demandadas.

Estando compreendido que o uso de estratégias de aprendizagem para a resolução de tarefas/desafios envolve um conjunto de habilidades, é importante que seja feita uma explanação sobre os diferentes tipos de tarefas/desafios que podem ser apresentados para os estudantes no contexto escolar, e quais recursos podem ser disponibilizados a eles para uso individual ou coletivo.

Nesse trabalho serão abordadas tarefas/desafios que envolvem fenômenos da Ciência, em particular, será considerado o conteúdo de Pêndulo Simples que é comumente abordado na disciplina de Física. Consideramos que a exposição do estudante em termos de experimentos a fenômenos científicos propicia que eles desenvolvam a capacidade de observar, elencar hipóteses, planejar ações voltadas para a resolução de atividades, executar medidas e interpretar resultados (BULAN; MAHARTA; ERTIKANTO, 2015).

Um dos principais objetivos almejados pelos professores, no contexto da sala de aula, é que os estudantes, além de terem uma compreensão conceitual dos conteúdos abordados, consigam desenvolver habilidades de pensamento. Essas habilidades de pensamento são fundamentais no momento em que o estudante tem que resolver tarefas/desafios. Entretanto, a maneira como a/o tarefa/desafio é apresentada/o aos estudantes vai determinar não só o tipo de habilidade de pensamento a ser mobilizada, como também, a depender do caso, o nível de complexidade em que essa habilidade é inferida nas respostas fornecidas às atividades propostas. Uma/um tarefa/desafio, para contribuir com a aprendizagem, deve solicitar que o estudante desenvolva um raciocínio lógico, compreenda os conceitos envolvidos e seja capaz de executar habilidades procedimentais (CARVALHO, 2013; BUTELER; COLEONI, 2016).

Para Millar (2010) e Carvalho (2013), o professor deve planejar uma sequência de ensino que propicie ao estudante não só compreender conceitos, mas que dê a ele a possibilidade de colocar seu pensamento em ação. Essas/esses tarefas/desafios devem ser elaboradas de tal forma que levem esses estudantes a agirem de maneira consciente no momento em que escolhem o modo como a/o tarefa/desafio será resolvida/o, e que sejam capazes de avaliar os resultados obtidos tendo como base os pressupostos teóricos estabelecidos.

Outros aspectos a serem levados em consideração, além da forma como a/o tarefa/desafio se apresenta para o estudante, são o tipo, a qualidade e a quantidade de recursos educacionais disponíveis para serem utilizados no momento da resolução. Vários são os recursos educacionais que podem ser utilizados no contexto escolar. O recurso educacional a ser disponibilizado para o estudante dependerá de alguns fatores como, por exemplo, a estrutura física e o profissional qualificado. Pesquisas como as desenvolvidas por Fiolhais e Trindade (2012), Potkonjak *et al.* (2016) e Gunawan *et al.* (2017), têm mostrado que muitos professores, com o intuito de ajudar os estudantes a desenvolverem suas habilidades de pensamento, têm se esforçado para inserir no contexto educacional recursos tecnológicos. Dentre os vários tipos de recursos tecnológicos

disponíveis atualmente, o laboratório virtual tem sido bastante empregado, pois ele utiliza simulações computacionais, podendo operar de modo *on-line* ou *off-line*. Esse tipo de laboratório pode auxiliar os estudantes no processo de compreensão conceitual, facilitando a interpretação de informações gráficas e proporcionando um melhor posicionamento diante da sociedade a partir dos conhecimentos adquiridos a partir da Física (FAOUR; AYOUBI, 2018; JUSKAITE, 2019).

É digno de nota que os professores têm enfrentado muitas dificuldades no momento de explicar fenômenos complexos da Física, pois eles são difíceis de serem imaginados pelos estudantes. Quando um fenômeno físico é simulado, abre-se uma larga porta para que o estudante possa visualizar, mesmo de modo virtual, as propriedades e características peculiares do fenômeno observado. Não queremos dizer com isso que será igual a observar o mesmo fenômeno em um evento real. Entendemos que os *softwares* utilizados nos simuladores possibilitam a interatividade² propiciando que os estudantes se vejam imersos na situação observada (MALHEIROS, 2016).

Por fim, desenvolver trabalhos que envolvem estudos empíricos sobre as contribuições que cada tipo de abordagem de ensino (tradicional/investigativa) e tipo de laboratório (material/virtual) pode contribuir para o desenvolvimento efetivo de habilidades e conhecimentos. É nesse sentido que o presente trabalho propõe o estudo conduzido.

1.4 Considerações Éticas da Pesquisa

Para atender às Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), concernente à pesquisa com seres humanos, o projeto de pesquisa do doutorado foi submetido à aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Escola de Enfermagem da Universidade Federal da Bahia. Esse protocolo se deu em função de as Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016 definirem a pesquisa com seres humanos como aquela que envolve cada ser de forma direta ou indireta, de modo total ou parcial, abarcando o manuseio de informações.

A coleta de dados dessa pesquisa ocorreu por meio da realização de uma prática experimental apresentada de duas formas: uma de natureza tradicional e a outra de natureza investigativa. Cada um dos estudantes participou da aula experimental respondendo um tipo específico de atividade. Os dados obtidos da pesquisa tiveram como finalidade a construção da

² Uma vez que alguns parâmetros podem ser ajustados.

Tese do curso de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ensino Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS. Os estudantes (respondentes) não tiveram qualquer prejuízo devido à participação na coleta de dados desse estudo. Todos eles receberam informações por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Assim, antes da realização da prática experimental foi entregue aos participantes um termo formal de adesão à pesquisa. Os maiores de 18 anos, após a leitura e concordância, o assinaram e devolveram ao professor. Os estudantes menores de idade trouxeram o termo assinado pelos responsáveis. Modelos dos termos encontram-se nos Anexos (A a E) desse documento.

Foi assegurada a privacidade desses estudantes e garantido o sigilo dos dados obtidos. Essas informações ficarão guardadas com a pesquisadora até o término do seu tratamento segundo os âmbitos e limites técnicos das pesquisas conduzidas, logo após a coleta de dados serão totalmente destruídas. Para garantir o anonimato de cada estudante em particular e não causar constrangimento, seus nomes foram substituídos por números sequenciais, de 01 até o número total de estudantes de cada turma.

1.5 Objetivos, Questão de Pesquisa e Problemática

Na disciplina de Física os estudantes são comumente solicitados a resolverem tarefas/desafios, algumas são de resolução simples, porém outras demandam um pensamento mais elaborado. Assim, os estudantes são frequentemente solicitados a expressarem seu entendimento sobre determinados conteúdos. Um problema que geralmente os professores se deparam, no contexto da sala de aula, é com a dificuldade dos estudantes para interpretar o enunciado das tarefas/desafios de forma lógica; e outro é o uso da ferramenta matemática de maneira mecânica, sem que o pensamento científico seja contemplado (SPEARS; ZOLLMAN, 1977).

O conhecimento das estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver tarefas/desafios, pode demarcar as necessidades individuais apresentadas por cada um deles no momento da aprendizagem. O estudo dessas estratégias pode fornecer uma visão geral do plano de solução elencado por cada estudante em particular, e qual o raciocínio empregado por eles no momento da resolução. Estudos, como os desenvolvidos por Dvornikova e Kostromina (2009), mostraram que na avaliação das estratégias empregadas pelos estudantes ao resolverem desafios, os

conhecimentos se apresentam em blocos (conjuntos) denotando que várias habilidades são explicitadas durante o emprego das estratégias.

Nessa perspectiva, é importante compreender o processo de resolução de tarefas/desafios em termos dos componentes fundamentais de cada uma das estratégias utilizadas pelos estudantes. Nesse estudo entendemos estratégia como um conjunto de habilidades utilizadas para a resolução de problemas específicos. Uma concepção semelhante é adotada por Weinstein e Mayer (1986) ao proporem procedimentos para a identificação de estratégias. Segundo esses autores, as estratégias estão relacionadas às habilidades de *performance* que incluem: identificação e definição do problema, resolução do problema, autoavaliação e correção do erro. Essa definição decorre do fato de que muitos professores sentem a necessidade de encontrar métodos ou instrumentos educacionais que ajudem os estudantes a desenvolverem suas habilidades de pensamento.

Para Underwood *et al.* (2018), uma prática experimental para promover as habilidades de pensamento dos estudantes deve ser capaz de levá-los a se questionar sobre como o fenômeno físico ocorre e quais as possíveis explicações. Ou seja, a/o tarefa/desafio deve solicitar dos estudantes raciocínio e compreensão dos conceitos científicos associados ao fenômeno observado. Uma outra maneira apontada por pesquisadores para desenvolver as habilidades de pensamento dos estudantes é a inserção de laboratórios virtuais no contexto educacional conjuntamente com atividades investigativas (JUSKAITE, 2019). Park (2020) conduziu um estudo incorporando questões de natureza investigativa com as simulações computacionais como parte integrante da avaliação formativa. A pesquisa teve como foco identificar o raciocínio dos estudantes por meio de respostas qualitativas ao se expressarem sobre o que ocorreria e por que ocorreria uma determinada situação física. Os resultados apontaram que eles utilizaram vários tipos diferentes de estratégias de resolução de desafios.

Olhando particularmente para as habilidades cognitivas, pesquisas como as desenvolvidas por Suart (2008) investigaram quais dessas possíveis habilidades são explicitadas pelos estudantes ao resolverem atividades de natureza investigativa. Os resultados apontaram para as contribuições que esse tipo de atividade pode fornecer para a qualidade do pensamento. Mostrou ainda que as habilidades manifestadas pelos estudantes estão diretamente relacionadas com a qualidade (complexidade) das questões – por nós chamadas de tarefas/desafios – propostas. Já Xavier (2018) investigou as trajetórias de aprendizagem demarcadas pelos estudantes ao

resolverem atividades tradicionais e investigativas em dois ambientes de ensino: material e virtual. Os resultados apontaram para a necessidade de que outras pesquisas fossem desenvolvidas com o intuito de identificar se as atividades tradicionais e investigativas demandam diferentes tipos de habilidades quando aplicadas em ambientes de ensino distintos. Assim, frente às lacunas apresentadas por trabalhos anteriores quanto à identificação das habilidades dos estudantes e quanto à identificação de estratégias de resolução de tarefas/desafios, esse trabalho pode trazer contribuições metodológicas e de conhecimento sobre as questões a serem aplicadas no contexto da sala de aula.

Com o desenvolvimento dessa pesquisa esperamos que tanto os estudantes como os professores possam ser contemplados. Quanto aos primeiros, esse estudo pode trazer contribuições no sentido de apontar as estratégias de resolução de tarefas/desafios mais explicitadas e, a partir delas, identificar possíveis obstáculos de aprendizagem que os direciona a melhoria da abordagem. Já os professores podem utilizar as abordagens (tradicional/investigativa) para aplicação na sala de aula ou ambiente de laboratório (material/virtual) para que o processo de ensino-aprendizagem seja o mais eficiente possível. O professor ainda terá a oportunidade de conhecer a capacidade individual de cada estudante em particular, por meio das habilidades inferidas nas respostas fornecidas às tarefas/desafios.

Hofstein e Lunetta (2003) destacam que o uso de práticas experimentais é considerado como algo essencial para o aprendizado dos estudantes em relação aos conteúdos de Ciências. Entretanto, pouco se sabe quais são as contribuições do tipo de laboratório (virtual ou material) para o desenvolvimento de habilidades/conhecimento dos estudantes, ou seja, o que eles propiciam em termos de aprendizagem e em que eles são limitados. O mesmo se dá para atividades investigativas e tradicionais. Assim é relevante investigar a seguinte questão: O que uma abordagem específica conjugada com um tipo de laboratório pode favorecer para a aprendizagem de conteúdos de Física? Quais as limitações? Visando responder a essa questão, a pesquisa tem por objetivos geral e específicos:

1.5.1 Objetivo Geral

Identificar e analisar as diferentes estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução de uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, quando são utilizadas atividades

de natureza tradicional e atividades de natureza investigativa em dois ambientes distintos: material e virtual.

1.5.2 *Objetivos Específicos*

Por se tratar de uma tese em formato *multipaper*, cada objetivo específico será o tema de cada um dos **quatro artigos** desenvolvidos nesse trabalho, a saber:

- Artigo 1: Identificar e analisar quais as habilidades explicitadas pelos estudantes para investigar as estratégias empregadas por eles ao resolverem atividades investigativas e tradicionais sobre Pêndulo Simples;
- Artigo 2: Desenvolver um estudo sobre as habilidades explicitadas pelos estudantes para investigar as estratégias empregadas por eles ao resolverem atividades investigativas e tradicionais sobre Pêndulo Simples quando aplicadas em dois ambientes distintos: material e outro virtual;
- Artigo 3: Analisar o nível das habilidades explicitadas pelos estudantes, empregando a Taxonomia SOLO, para investigar as estratégias empregadas por eles ao resolverem atividades investigativas e tradicionais sobre Pêndulo Simples quando aplicadas em dois ambientes distintos: material e outro virtual;
- Artigo 4: Desenvolver um estudo exploratório sobre possíveis preditores amostrais, que podem ter influenciado nas estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre Pêndulo Simples.

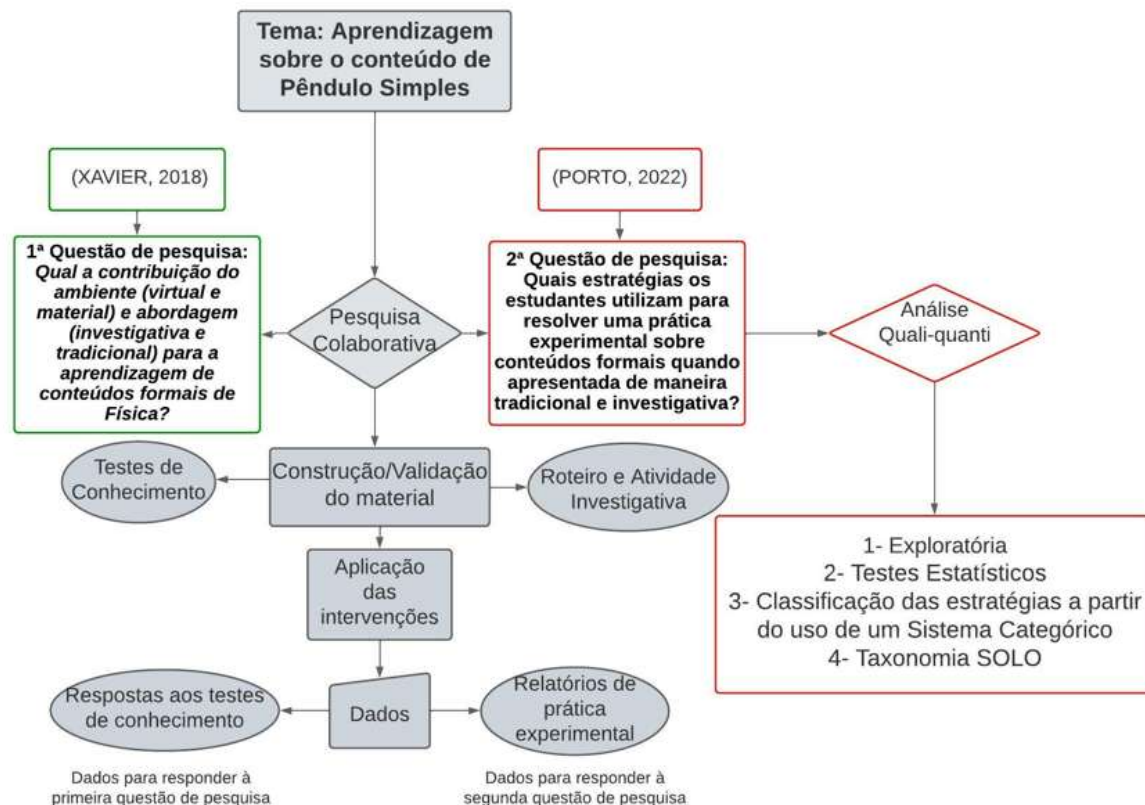
Consideramos que esse trabalho fornece parâmetros para direcionar melhor os objetivos pedagógicos do professor, pois esclarece o que cada abordagem, conjugada com cada tipo de laboratório, pode favorecer em termos de desenvolvimento de habilidades específicas, de conteúdo e de ações procedimentais.

1.6 *Design da Pesquisa*

Nessa subseção será explanado o modo como a presente pesquisa foi conduzida, em especial ressaltando seu caráter colaborativo. O tema geral da pesquisa é “Aprendizagem sobre Pêndulo Simples”. Associado a esse tema, tivemos duas questões de pesquisa: “Qual a

contribuição do ambiente (virtual e material) e da abordagem (investigativa e tradicional) para a aprendizagem de conteúdos formais de Física?” e “Quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais quando apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafios)?”, conforme exposto na **Figura 1**.

Figura 1 – Desenho da Pesquisa Colaborativa



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Por se tratar de duas questões de pesquisa que estão fortemente arraigadas ao processo de ensino-aprendizagem e cujas respostas podem provir de um mesmo sujeito, decidimos por desenvolver dois estudos empíricos, utilizando as mesmas amostras de dados (pesquisa colaborativa). Para tanto, foi necessária a participação de dois pesquisadores, que trabalharam em cooperação no processo de coleta de dados. Por conseguinte, alguns procedimentos foram adotados. Inicialmente foram escolhidas as instituições em que a coleta de dados ocorreria que foram dois *campi* de uma escola pública federal. Os critérios adotados para tal escolha foi que os estudantes cursassem a mesma modalidade de curso e que o conteúdo programático da disciplina

de Física fosse abordado da mesma maneira (aulas teóricas e experimentais). Portanto, a amostra foi condicional e não aleatória.

Como essa pesquisa decorre de um questionamento que surgiu na conclusão do curso de mestrado, defendido em forma de dissertação por Porto (2015), a questão da continuação com o conteúdo de Pêndulo Simples se adequou, afinal já tínhamos evidências da equivalência³ entre o *kit* experimental e a simulação computacional disponível no site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab, no que se refere a elementos manipuláveis. Nossa atenção pôde se concentrar, dessa forma, para a construção dos instrumentos que seriam utilizados na coleta de dados. Precisariamos construir instrumentos válidos e confiáveis que fossem capazes de fornecer respostas para as questões de pesquisa já citadas. Por conseguinte, ficou definido que seriam necessários dois tipos de instrumentos de coleta de dados: instrumentos de avaliação e instrumentos de intervenção.

A seguir será apresentado o processo de construção e validação dos instrumentos de intervenção (roteiro de atividade tradicional e atividade investigativa), bem como o *kit* experimental e simulação computacional que foram utilizados na coleta de dados para análise da **segunda questão de pesquisa** da pesquisa colaborativa conduzida. Será feita uma descrição sucinta da construção e validação dos instrumentos de intervenção e da elaboração da atividade investigativa, conforme apresentado por Xavier (2018).

1.7 Instrumentos de Intervenção, *Kit* Material e Simulação Computacional

Definido o tema de Pêndulo Simples, procuramos adaptar a atividade investigativa já existente⁴, sendo que a atividade final foi elaborada com quatro desafios baseados em atividades abertas, encontradas nas estruturas de atividades investigativas (CARVALHO, 1999). Em seguida, tentamos elaborar o roteiro de atividade tradicional, procurando adaptar roteiros já existentes e publicados em materiais didáticos sobre mensuração de gravidade. O roteiro elaborado continha seis tarefas. Como um todo, tivemos como instrumentos de intervenção um conjunto de tarefas estipuladas em roteiro (tradicional) e um conjunto de desafios estipulados em atividade investigativa.

³ Possibilitavam que as mesmas grandezas pudessem ser manipuladas e o mesmo fenômeno físico fosse reproduzido.

⁴ Usada na pesquisa de Mestrado de Porto (2015).

Ambos os instrumentos utilizados nas intervenções possuíam formatos próprios, porém versavam sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. Ou seja, mantinham uma equivalência em relação às grandezas envolvidas e às relações estabelecidas entre elas. Esse material, utilizado nas intervenções das etapas da pesquisa, passou por um processo de elaboração e validação.

Pasquali (2009) defende que o processo de validação é de fundamental importância, todavia é uma importante maneira de o pesquisador saber se o instrumento aplicado está adequado a acessar o atributo investigado. O processo de validação de um instrumento a ser aplicado deve iniciar no momento de idealização, seguido do momento de construção, aplicação e correção. O aperfeiçoamento do instrumento final construído deve culminar com o momento de interpretação dos resultados obtidos (RAYMUNDO, 2009).

Em pesquisas acadêmicas com fins educacionais, a submissão de um instrumento (avaliação ou intervenção) a um processo de validação tem como justificativa garantir um certo grau de confiabilidade no acesso ao atributo em investigação, e uma garantia de maior coerência interna aos procedimentos investigados. Para Amantes (2005), um instrumento validado tem maior possibilidade de fornecer dados corretos, o que possibilita interpretações com maior percepção dos resultados obtidos.

1.7.1 Construção do Instrumento de Natureza Tradicional

A concepção adotada nesse trabalho para atividade tradicional constitui-se em uma ferramenta baseada no modelo de roteiros estruturados. Alguns autores, como Arias, Lazo e Cañas (2014) e Malheiro (2016), argumentam que práticas em laboratório com auxílio de atividades estruturadas oferecem um limitado grau de abertura, pois seguem um roteiro pré-definido, visando a comprovação de leis e restringindo o estudante a executar etapas. Segundo os autores, ao estudante não é dada a possibilidade de interferir ou até argumentar diante de um determinado fenômeno observado.

Ainda, segundo Borges (2002), não é de surpreender que o uso de atividades estruturadas no ambiente de laboratório⁵ apresente limitações quanto a promover nos estudantes mudanças de concepções, que os levem a ter um maior entendimento sobre a natureza da ciência e das investigações científicas, pois os estudantes participam de maneira limitada das análises e

⁵ Denominado por ele de laboratório tradicional.

interpretações dos resultados obtidos, já que a resposta final é conhecida. Em contrapartida, Moreira e Guimarães (2007) apontam que, apesar das limitações apresentadas pelas atividades tradicionais, não é correto restringir as contribuições que esse tipo de atividade traz a um caráter verificacionista, pois isso significa reducionismo. Para eles, o uso de atividades tradicionais pode contribuir para a aprendizagem conceitual dos estudantes, uma vez que possibilita a elaboração e reelaboração de modelos e teorias ensinadas pelos professores.

A atividade tradicional, para ser aplicada, necessitou de aproximadamente duas horas/aula (100 minutos). O modelo de roteiro elaborado foi baseado em roteiros de instituições de nível médio e superior disponíveis na *internet* e poderia ser utilizado nos ambientes de laboratório material e virtual. O roteiro iniciou com uma breve abordagem teórica do conteúdo de Pêndulo Simples, e com uma descrição das grandezas que atuariam durante a utilização do *kit* experimental.

1.7.2 Construção da Atividade Investigativa

As atividades investigativas são consideradas como ferramentas que auxiliam os estudantes na mudança de uma ação simplesmente manipulativa, para uma ação intelectual de construção do conhecimento. Ao participar de uma atividade investigativa, o estudante tem a oportunidade de compreender o processo de realização de uma determinada atividade, identificando as grandezas envolvidas, observando a ação individual de cada uma delas ou em conjunto e, por fim, sendo capaz de interpretar os resultados obtidos (CARVALHO *et al.*, 2014).

Na construção de uma atividade investigativa, variados tipos de atividades podem ser utilizados. Os mais frequentes são: aulas práticas demonstrativas, laboratórios abertos (não estruturado), aulas de aprimoramento, questionamentos e problematizações variadas e o uso de recursos tecnológicos (no nosso caso a simulação).

A atividade investigativa construída se configura enquanto atividade não estruturada (laboratório aberto), possuindo seis etapas de aplicação de atividades. O desafio é apresentado ao estudante sem que a ele seja dito o modo para encontrar uma resposta satisfatória bem como a elaboração de uma conclusão final (CARVALHO *et al.*, 2014). A atividade investigativa adotada partiu de uma outra pesquisa já realizada, cujo objetivo foi investigar a natureza do entendimento

construído em dois ambientes de aprendizagem durante a aplicação de atividades de natureza investigativa (PORTO, 2015).

As atividades investigativas utilizadas na pesquisa de mestrado reportada por Porto (2015) foram aplicadas para um público de 124 estudantes de uma instituição pública federal. Esses estudantes cursavam o Ensino Médio Integrado de diferentes cursos de formação oferecidos pela instituição. Todos participaram da realização da atividade nos dois ambientes de aprendizagem: material x virtual (uso da simulação). A atividade continha seis desafios que também versavam sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. Esse material passou por uma avaliação e como resultado tivemos um apontamento da necessidade de que o material fosse reformulado. Após análise, concluiu-se ser necessária a exclusão de dois desafios e que os outros quatro passassem por um processo de reformulação seguido de uma validação por pares. A atividade investigativa que foi submetida ao processo de validação por pares continha quatro desafios, conforme pode ser observado no Apêndice A. Assim, a atividade investigativa utilizada na Tese diz respeito à atividade investigativa utilizada na dissertação, porém reformulada e validada. O processo de validação ao qual o material foi submetido será descrito na seção que aborda o processo de validação dos materiais utilizados na intervenção.

1.7.3 Descrição do Kit Experimental e da Simulação Computacional: Pêndulo Simples

É um problema na área encontrar formas de comparar abordagens distintas porque elas compreendem parâmetros diferentes a serem estudados. Assim, decidimos por construir atividades que pudessem ser aplicadas no ambiente material e virtual e que ainda contemplassem abordagens distintas, como a investigativa e a tradicional. Uma das dificuldades encontradas foi a impossibilidade de controle de variáveis, entretanto isso foi minimizado ao se parear o conteúdo.

O *kit* experimental e a simulação computacional escolhida eram equivalentes, ou seja, permitiam que variáveis iguais fossem manipuladas e que os mesmos fenômenos físicos fossem reproduzidos em ambos os ambientes de experimentação (as grandezas que deveriam ser manipuladas no simulador foram descritas no próprio enunciado da atividade).

As **Figuras 2 e 3** mostram o *kit* experimental e a simulação computacional utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.

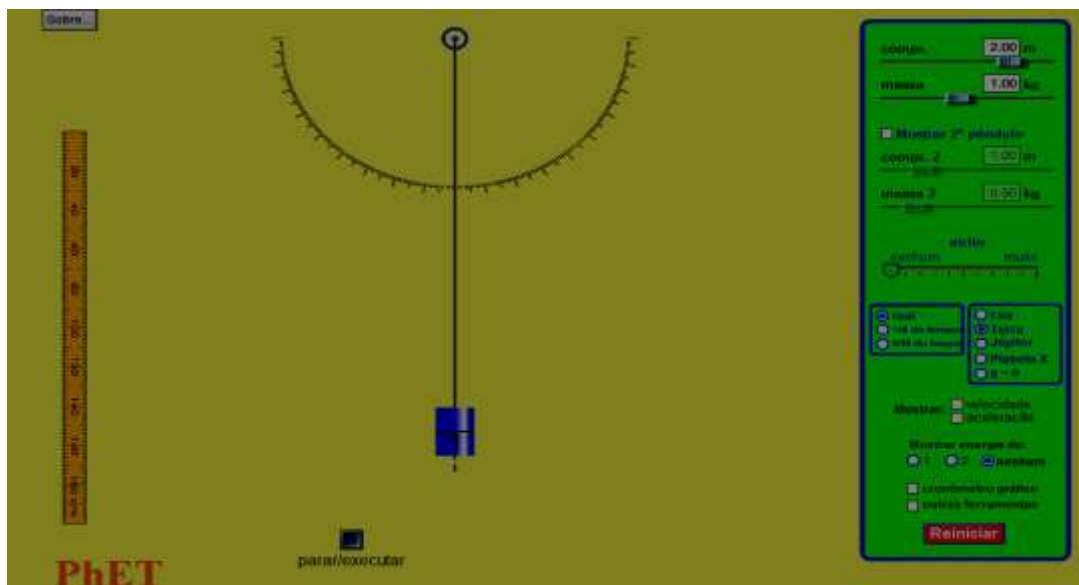
Figura 2 – *Kit* experimental de Pêndulo Simples



Fonte: Disponível em: <https://azeheb.com.br/Pêndulo-simples.html>.

Nota: *Kit* Experimental Material. Componentes: Suporte de 01 tripé tipo estrela com manípulo; 01 fixador metálico com haste; 01 carretel de linha; 01 haste fêmea 405 mm; 01 haste macho 405 mm; 01 carretel para regulagem contínua do fio com fixador metálico; 01 cronômetro manual; 01 corpo de prova de latão; 01 corpo de prova de nylon; 01 corpo de prova de alumínio; 01 trena de 2 m; 01 transferidor.

Figura 3 – Tela de simulação computacional "Laboratório de Pêndulos"



Fonte de dados: Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Nota: A simulação traz os elementos básicos disponíveis no *kit* virtual de experimentação: ajuste de comprimento do(s) Pêndulos Simples, número de Pêndulos, medidor de intervalo de tempo, cronômetro gráfico, localização geográfica, gráfico que pode estimar os valores de energia mecânica e outros acessórios.

Os itens do simulador computacional utilizados foram: a trena, o cronometro, pêndulos com comprimentos e massas variáveis e o indicador de abertura angular. A escolha da simulação levou em consideração a liberdade de manipulação dos mesmos elementos do *kit* experimental.

Para Xavier (2018), a prática experimental realizada no ambiente material e a realizada no ambiente virtual devem envolver os mesmos elementos.

1.8 Sujeitos e a Coleta de Dados

Nesta parte da pesquisa será apresentado o perfil dos sujeitos que participaram do processo de validação dos instrumentos de intervenção, bem como uma descrição sucinta do processo de validação reportado por Xavier (2018). Na sequência, será feita uma descrição dos sujeitos que participaram da coleta de dados da pesquisa efetiva e o modo como essa coleta ocorreu.

1.8.1 Validação dos Materiais

Nessa parte do texto, será descrito de maneira breve como foi realizado o processo de validação dos instrumentos de intervenção utilizados na coleta de dados da pesquisa colaborativa, bem como os principais resultados. A descrição da validação completa está reportada na Tese defendida por Xavier (2018).

Atividade de Natureza Investigativa

A atividade de natureza investigativa elaborada continha quatro desafios sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. O primeiro desafio solicitava que o estudante respondesse ao seguinte questionamento: “Como se relaciona a amplitude de oscilação e o período no Pêndulo Simples?”. O objetivo dessa atividade era levar o estudante a perceber que existe dependência entre o período e a amplitude de oscilação do Pêndulo Simples. O segundo desafio solicitava que o estudante respondesse à seguinte situação: “Utilizando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período de oscilação e a massa do pêndulo”. O objetivo era fazer com que o estudante concluísse a não dependência entre o período de oscilação e a massa do pêndulo. O terceiro desafio solicitava do estudante: “Usando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período de oscilação e o comprimento do fio”. O objetivo era fazer com que o estudante concluísse a dependência entre o período e o comprimento do fio (quanto

maior o comprimento, maior o período). Por fim, o quarto desafio solicitava dos estudantes: “Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?”. O objetivo era fazer com que o estudante mobilizasse seus conhecimentos sobre Pêndulo Simples e utilizasse a equação do período para determinar o valor da aceleração da gravidade local, fazendo medições do período e comprimento do pêndulo.

Uma vez construída, a atividade de natureza investigativa foi submetida a um processo de validação por pares. Para otimizar o processo de validação pelos pares, foi elaborado um questionário que seria utilizado enquanto instrumento de validação. Esse questionário continha os critérios que seriam utilizados pelos pares para fazer o julgamento da atividade investigativa em avaliação.

A amostra de avaliadores contou com sete estudantes de Graduação do curso de Licenciatura em Física cursando os últimos semestres, e outros 17 juízes (especialistas, mestrands, mestres, doutorandos e doutores), todos com formação específica em Física. Um total de vinte e quatro juízes. Para que a validação por pares fosse feita, foi elaborado um questionário de validação, o qual continha critérios a serem utilizados pelos pares no momento em que avaliassem e julgassem a atividade investigativa. A **Figura 4**, a seguir, apresenta um fragmento do questionário utilizado pelos pares, correspondente ao desafio 2.

Figura 4 – Fragmento do questionário de validação – Atividade Investigativa

Desafios	Das alternativas abaixo, qual você julga que mais se aproxima do objetivo dessa atividade? (marque apenas uma)	Em sua opinião, assinale a alternativa quanto a adequação da atividade ao caráter investigativo.	Comentários/sugestões
Desafio 02: Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada? Descreva o experimento que você projetou. Como você encontrou o valor da gravidade?	1- <input type="checkbox"/> – Fazer com que o aluno mobilize seus conhecimentos sobre pêndulo simples e utilize a equação do período para determinar o valor da aceleração da gravidade local, fazendo medições do período e comprimento do pêndulo. 2- <input type="checkbox"/> – Fazer com que o aluno exercite seus conhecimentos em matemática ao substituir valores na equação do período do pêndulo simples para encontrar o valor da aceleração da gravidade local. 3- <input type="checkbox"/> – Fazer com que o aluno obtenha o valor da aceleração da gravidade a partir do experimento pêndulo simples, aprimorando a prática de medições, coleta de dados e erro estimado.	0- <input type="checkbox"/> Inadequado 1- <input type="checkbox"/> Razoavelmente adequado 2- <input type="checkbox"/> Adequado	

Fonte: Xavier (2018)

Conforme pode ser observado na **Figura 4**, o questionário de validação é composto por quatro colunas: na primeira é exposto o desafio que será apresentado para os estudantes; na segunda são apresentados três objetivos que podem se adequar ao desafio proposto; na terceira é solicitado ao juiz que julgue, de acordo com uma escala, a adequação ou não do desafio ao caráter investigativo; na quarta e última coluna é disponibilizado ao juiz um espaço para possíveis comentários e/ou sugestões. Os juízes deveriam proceder com o processo de avaliação utilizando da segunda à quarta coluna para fazer os registros.

Os questionários de validação avaliados foram submetidos a um processo de análise exploratória por meio do Índice Percentual de Concordância (IPC). Foi calculado o coeficiente *Kappa*⁶ com uso do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para verificar os valores dos percentuais de concordância entre os juízes dos quatro desafios em relação ao caráter investigativo. Essa verificação permite avaliar se cada um dos desafios propostos atende ou não às particularidades de uma atividade de caráter investigativo do tipo laboratório aberto.

Os desafios 1, 2 e 3 foram considerados adequados em relação ao caráter investigativo com percentual variando entre 67% e 75%. Quanto ao desafio 4 foi identificado que existia problema, uma vez que 45% dos juízes o consideraram razoavelmente adequado e 33% consideraram adequado ao caráter investigativo. 10% dos juízes se abstiveram quanto à avaliação. Esse resultado pode ser um indicativo de problema na formulação do desafio.

Avaliando o percentual de concordância entre os juízes em relação ao objetivo de cada desafio, foi identificada uma maior disparidade das respostas dos juízes referente ao desafio 1. O primeiro e terceiro objetivo apresentaram concordância de 46% dos juízes. O terceiro objetivo apresentou concordância, já o primeiro não apresentou concordância aceitável, ou seja, indicou que estava aquém do potencial da atividade proposta. Para o desafio 2 foi constatado que houve uma redução da dispersão das respostas. 54% dos juízes consideraram o primeiro objetivo como adequado. 33% dos juízes consideraram o terceiro objetivo como correspondente ao desafio proposto. Para o desafio 3, 70% dos juízes concordaram com o terceiro objetivo, já 25% escolheram o segundo objetivo. Por fim, o desafio 4 foi considerado problemático, uma vez que apresentou uma maior dispersão nas respostas fornecidas pelos juízes: 25% não marcaram nenhum dos objetivos, 50% escolheram o primeiro objetivo. Como decisão metodológica, o

⁶ O coeficiente *Kappa* expressa a medida da concordância entre dois observadores ou instrumentos que têm como objetivo de classificar uma série de unidades observacionais.

desafio 4 foi excluído da atividade, visto que não atendeu às especificidades da atividade investigativa proposta, segundo a avaliação dos juízes.

Referente ao caráter investigativo e ao objetivo do desafio, foram observados os valores dos coeficientes *Kappa* para cada um dos vinte e quatro juízes. A **Tabela 1** apresenta os valores encontrados.

Tabela 1 – Coeficiente *Kappa* – validação por pares atividade investigativa

Quanto ao caráter investigativo				Quanto ao objetivo			
Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa
J.01	0,600	J.13	1,000	J.01	-0,455	J.13	0,273
J.02	1,000	J.14	-0,143	J.02	0,000	J.14	-0,200
J.03	0,330	J.15	-0,200	J.03	0,143	J.15	-0,091
J.04	0,600	J.16	1,000	J.04	0,643	J.16	-0,500
J.05	0,143	J.17	0,333	J.05	0,000	J.17	0,600
J.06	0,000	J.18	0,200	J.06	0,556	J.18	0,000
J.07	1,000	J.19	1,000	J.07	0,111	J.19	0,600
J.08	0,333	J.20	0,333	J.08	-0,455	J.20	1,000
J.09	0,000	J.21	1,000	J.09	0,200	J.21	0,200
J.10	0,333	J.22	0,200	J.10	0,273	J.22	0,000
J.11	0,333	J.23	1,000	J.11	0,273	J.23	0,636
J.12	0,600	J.24	0,600	J.12	1,00	J.24	0,200

C. = Coeficiente

Fonte: dados da pesquisa

Fonte: Extraído de Xavier (2018, p. 46)

Verificamos que 29% da concordância dos juízes foi na faixa considerada como “pobre” ou “sem concordância” e 42% dos juízes apresentaram concordância suave ou moderada. Assim, foi considerado de boa concordância os resultados referentes à adequação da atividade ao caráter investigativo. Quanto ao objetivo de cada desafio, não foram obtidos resultados satisfatórios.

As análises realizadas indicaram pontos positivos, limitações e sugestões que foram relevantes para a elaboração da atividade investigativa a ser aplicada durante a coleta de dados (Apêndice A).

Atividade de Natureza Tradicional

Uma vez construído o roteiro de natureza tradicional, o qual possuía cinco tarefas, fez-se a submissão a um processo de validação semelhante ao realizado para a atividade investigativa, porém com juízes diferentes.

A primeira tarefa estabelece a relação entre o período de oscilação do Pêndulo Simples e o ângulo de abertura. A segunda tarefa intenciona que o estudante perceba a não dependência entre o período e a massa do Pêndulo Simples. A terceira tarefa relaciona o comprimento do Pêndulo Simples com o seu próprio período. A quarta tarefa solicita que seja construído um gráfico pelo estudante, de modo que ele conclua que o período do pêndulo é diretamente proporcional à raiz quadrada do comprimento do fio. Por fim, a quinta tarefa descreve os passos a serem executados para que seja determinado o valor da aceleração da gravidade local usando o *kit* experimental ou a simulação computacional.

A validação do roteiro estruturado contou com 17 juízes, todos eles graduados em Física, e que incluíam 2 doutores, 2 graduados e 13 mestres, mestrandos e doutorandos. Foi fornecido aos juízes um questionário de validação semelhante ao formulado para validação da atividade investigativa. Todos os juízes, que aceitaram o convite em participar do processo de validação, receberam o roteiro de atividades tradicionais, as orientações procedimentais, o *link* para ter acesso ao experimento virtual (simulação computacional), e ainda um quadro para apreciação, abaixo de cada procedimento.

Para que a validação por pares fosse feita, foi elaborado um questionário de validação, o qual continha critérios a serem utilizados pelos pares no momento em que avaliassem e julgassem a atividade tradicional. A **Figura 5**, a seguir, apresenta um fragmento do questionário utilizado pelos pares, correspondente à tarefa 2.

Figura 5 – Fragmento do questionário de validação – Atividade Tradicional

III- Abandonando o pêndulo com o ângulo de dez graus (10°) e o comprimento de $1,5m$, preencha a tabela abaixo:

Massa (m)	$0,5kg$	$1,0kg$	$1,5kg$
Tempo de dez oscilações completas (t)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$

A partir dos dados da tabela, o que se pode concluir da relação entre o período (T) e a massa (m)?

Das alternativas abaixo, qual você julga que mais se aproxima do objetivo dessa atividade? (marque apenas uma)	Em sua opinião, assinale a alternativa quanto a adequação da atividade ao caráter tradicional.	Comentários/sugestões
1- () – Fazer com que o aluno conclua que não há dependência entre a massa e o período no pêndulo simples. 2- () – Fazer com que o aluno investigue as causas das pequenas variações nas medidas dos períodos. 3- () – Fazer com que o aluno somente perceba se há alguma relação entre o período e a massa, sem maiores implicações.	0- () Inadequado 1- () Razoavelmente adequado 2- () Adequado	

Fonte: Elaborada por Xavier (2018)

Conforme pode ser observado na **Figura 5**, o questionário de validação é composto por três colunas: a primeira permite uma avaliação quanto ao objetivo da tarefa; a segunda permite uma avaliação quanto à adequação da tarefa ao caráter tradicional; por fim, a terceira contém um espaço livre para que o juiz faça possíveis comentários e/ou sugestões.

Foi analisado o percentual de concordância dos juízes em relação à adequação do roteiro ao caráter tradicional (roteiro estruturado). Verificamos um alto índice de concordância entre os juízes, variando entre 77% e 88%. Do total de juízes, apenas um considerou o roteiro inadequado ao caráter tradicional e dois (11%) em relação às tarefas 3 e 4. Quanto às tarefas 2, 5 e 6 não foram avaliados enquanto inadequadas pelos juízes.

Houve grande dispersão da concordância para a tarefa 1 (47% dos juízes) e o mesmo percentual para o terceiro objetivo. A tarefa 5 apresentou também grande dispersão de concordância. Para as tarefas 2 e 4, obtiveram-se resultados similares. Cerca de 60% dos juízes consideraram como mais adequados às tarefas 2 e 3. Os maiores índices de concordância foram apresentados para as tarefas 3 e 6, com índices de aproximadamente 70%.

Para analisar o percentual de concordância entre juízes em relação ao objetivo de cada tarefa, foram calculados os coeficientes *Kappa* indicando o índice de concordância entre os 17 juízes e o pesquisador. Esses valores foram definidos em relação à adequação das tarefas ao caráter tradicional e quanto ao objetivo de cada uma das seis tarefas do roteiro.

O coeficiente *Kappa* confirmou a elevada concordância do caráter tradicional do roteiro utilizado, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2 – Coeficiente *Kappa* – validação por pares para atividades tradicionais

Adequação ao caráter tradicional				Quanto ao objetivo			
Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa
J.01	0,250	J.10	1,000	J.01	0,000	J.10	0,250
J.02	0,500	J.11	1,000	J.02	0,750	J.11	0,500
J.03	0,000	J.12	1,000	J.03	0,000	J.12	-0,250
J.04	0,714	J.13	1,000	J.04	0,250	J.13	0,250
J.05	0,714	J.14	1,000	J.05	0,500	J.14	0,750
J.06	1,000	J.15	0,500	J.06	1,000	J.15	0,500
J.07	0,667	J.16	1,000	J.07	0,000	J.16	0,750
J.08	0,429	J.17	1,000	J.08	0,750	J.17	0,750
J.09	0,333			J.09	-0,500		

C. = Coeficiente

Fonte: dados da pesquisa

Fonte: Extraída de Xavier (2018, p. 52)

Não verificamos discordância total, 17,7% indicaram concordâncias pobres e suaves, 35,2% moderadas e substanciais e 47% quase perfeitas. Verificamos grande dispersão para as concordâncias quanto aos objetivos definidos para cada tarefa do roteiro. A interpretação do coeficiente *Kappa*, no que tange a comparar nenhuma concordância, concordância pobre e concordância suave, foi de 47%, sendo esse mesmo percentual para as concordâncias consideradas moderadas ou substanciais. Essa dispersão não foi considerada enquanto fragilidade do roteiro de atividades, uma vez que, em algumas situações, o objetivo apontado pelo juiz ficou além do esperado para a tarefa julgada. Foram verificadas sugestões de possíveis alterações de termos utilizados. A sugestão de alterar a ordem de uma das seis tarefas foi o comentário mais recorrente entre os juízes. Por conseguinte, decorrente dos resultados das análises, o roteiro de atividades passou por ajustes, onde se fez necessárias alterações e exclusão da tarefa 6. As

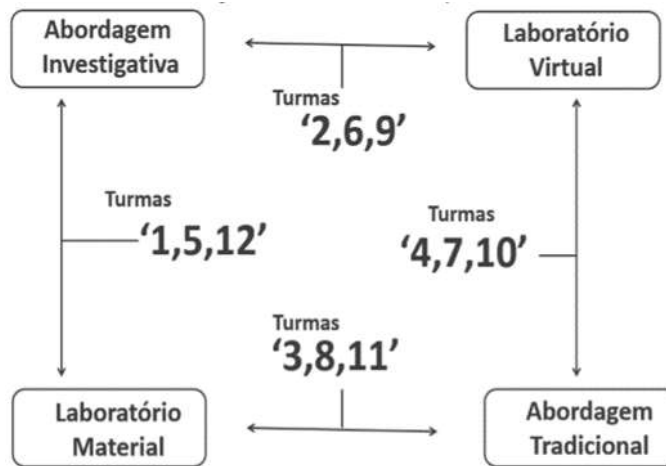
versões finais dos roteiros estruturados a serem utilizados nos dois ambientes de ensino (material e virtual) encontram-se, respectivamente, nos apêndices C e D.

1.9 Pesquisa efetiva

A aplicação dos instrumentos de coleta elaborados (intervenção) seguiu uma programação diferenciada de acordo com a natureza da atividade utilizada. No caso da atividade de natureza investigativa, ocorreu integralmente nos ambientes dos laboratórios (Física e de Informática). Já a atividade de natureza tradicional utilizou os laboratórios (Física e de Informática) e o ambiente da sala de aula (aula expositiva) como contexto de aplicação. Todos os estudantes que participaram das intervenções já tinham assistido a aula sobre o conteúdo de Pêndulo Simples com seus respectivos professores no ambiente da sala de aula, antes da intervenção.

A disposição dos estudantes para realização da prática experimental dependeu do tipo de ambiente (material/virtual) em que a atividade (tradicional/investigativa) foi realizada. Na intervenção que ocorreu no ambiente material os estudantes foram distribuídos em seis bancadas, sendo que em cada bancada havia um *kit* experimental. O número de estudantes por bancada variou de acordo com o quantitativo de estudantes das turmas. O maior grupo de estudantes foi formado por sete integrantes – intervenção tradicional material. Já quando a intervenção ocorreu no ambiente virtual, a distribuição dos estudantes se deu de modo individual ou em dupla, conforme o quantitativo de estudantes das turmas, pois cada laboratório de Informática das duas instituições de ensino em que a coleta de dados ocorreu possuía vinte computadores.

A **Figura 6**, a seguir, apresenta o modo como a intervenção ocorreu em cada uma das turmas de estudantes que foi selecionada de modo conveniente. Vale ressaltar que a aplicação da intervenção não interferiu no cronograma de atividades acadêmicas dos professores.

Figura 6 – Desenho da Intervenção – I

Fonte: Extraída de Xavier (p. 94, 2018)

Observando a **Figura 6** é possível verificar que ocorreram quatro tipos de intervenções com diferentes metodologias, mas com mesmo objetivo: aprofundar o conhecimento sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. As intervenções foram: intervenção de natureza tradicional no laboratório material; intervenção de natureza tradicional no laboratório virtual; intervenção de natureza investigativa no laboratório material e intervenção de natureza investigativa no laboratório virtual.

Cada uma das intervenções foi aplicada em três turmas. Cada turma de estudantes participou de um tipo específico de intervenção. Dois pesquisadores e um professor de um dos *campus* da escola pública federal participaram da aplicação das intervenções. De acordo com a **Figura 6**, a intervenção de natureza tradicional, realizada no ambiente material, teve como participantes os estudantes das turmas 03, 08 e 11. A mesma atividade realizada no ambiente virtual teve como participantes os estudantes das turmas 04, 07 e 10. Já a intervenção com a atividade de natureza investigativa, realizada no ambiente material, teve como participantes as turmas 01, 05 e 12 e no ambiente virtual a mesma atividade teve como participantes as turmas 02, 06 e 09. O **Quadro 1**, a seguir, apresenta a quantidade de estudantes que participaram de cada uma das intervenções.

Quadro 1 – Intervenção x quantidade de estudantes

Tipo de intervenção	Quantidade de estudantes
Atividade investigativa no ambiente material	79
Atividade investigativa no ambiente virtual	87
Atividade tradicional no ambiente material	78
Atividade tradicional no ambiente virtual	97

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O **Quadro 2**, a seguir, apresenta o quantitativo de estudantes de acordo com o ambiente onde as atividades experimentais ocorreram.

Quadro 2 – Ambiente x quantidade de estudantes

Ambiente	Quantidade de estudantes
Material	157
Virtual	184

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O **Quadro 3**, a seguir, apresenta a quantidade de estudantes de acordo com a natureza da atividade aplicada.

Quadro 3 – Natureza da atividade x quantidade de estudantes

Natureza da atividade	Quantidade de estudantes
Tradicional	174
Investigativa	167

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Conforme informado anteriormente, no total 341 estudantes participaram da intervenção, sendo que a escolha dos estudantes foi por conveniência e a distribuição das atividades nas respectivas turmas ocorreu de acordo com a disponibilidade das turmas e dos laboratórios. A intervenção completa (incluindo todas as etapas e atividades) em cada uma das turmas participantes durou cerca de 7 aulas de 50 minutos cada. O desenho das intervenções está exposto no **Quadro 4**, abaixo.

Quadro 4 – Desenho das Intervenções – II

Intervenção tradicional no laboratório virtual e material						
Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aulas 7
Teste inicial	Aula expositiva		Teste intermediário	Roteiro tradicional		Teste final
Intervenção tradicional no laboratório virtual e material						
Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aulas 7
Teste inicial	Atividades 1, 2 e 3		Teste intermediário	Atividades 4; Fechamento		Teste final

Fonte: Extraído de Xavier (2018, p. 95)

Observando o **Quadro 4**, “Desenho das Intervenções – II”, é possível verificar que todas as turmas responderam aos testes de conhecimentos, o que diferiu foi somente a parte relacionada com a prática experimental, uma vez que solicitam procedimentos específicos de acordo com as peculiaridades das atividades a serem aplicadas. Os instrumentos utilizados em todas as fases das intervenções (testes de conhecimentos, atividade investigativa, sugestão de aula expositiva e roteiro de natureza tradicional) estão disponíveis nos apêndices desse trabalho.

A seguir é apresentada uma síntese dos resultados apresentados por Xavier (2018), que respondeu à primeira questão da pesquisa colaborativa desenvolvida (“Em que medida atividades tradicionais e investigativas contemplam a aprendizagem de conteúdos formais de alto grau de abstração?”), tendo como dados as respostas dos estudantes aos três testes de conhecimento – Inicial, Intermediário e Final.

1.10 Síntese dos Resultados da Pesquisa apresentada por Xavier (2018)

O foco da pesquisa desenvolvida por Xavier (2018) foi estudar em que medida as atividades práticas auxiliam na aprendizagem quando conduzidas em diferentes ambientes de ensino, e se elas influenciam de maneira diferenciada no ganho de entendimento formal (aprendizagem). Buscou-se responder à seguinte pergunta: “Qual a contribuição do ambiente (virtual e material) e abordagem (investigativa e tradicional) para a aprendizagem de conteúdos formais de Física?”. Todos os instrumentos de pesquisa foram submetidos a processos de validação, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do processo e a coerência interna da pesquisa. Utilizando os dados provenientes dos três testes de conhecimento, foram obtidos indícios de aprendizagem devido às intervenções. Como os testes de conhecimento estavam

acessando o conhecimento formal, as diferenças estatísticas indicaram que o ganho no entendimento foi do tipo escolar.

Para que fosse avaliada com mais detalhes a aprendizagem, prosseguiu-se com a análise por abordagem e por ambiente, investigando quais tipos de habilidades são mais desenvolvidas em cada um. Foram constatadas aprendizagem em ambas as abordagens, tendo-se evidências de que houve maior aprendizagem dos estudantes submetidos à abordagem investigativa em comparação aos estudantes participantes da intervenção com abordagem tradicional. Essa diferença entre os resultados pode ser decorrente de vários motivos, incluindo os metodológicos. Teve-se, ainda, evidências de que ocorreu aprendizagem nos dois distintos ambientes de ensino: material e virtual. Entretanto, ao fazer a comparação dos resultados dos estudantes submetidos às intervenções nos dois ambientes de ensino, verificamos que os estudantes participantes no laboratório material tiveram maior ganho de entendimento do que os que participaram da mesma intervenção no ambiente virtual. Esse resultado pode ser decorrente da solicitude sensorio-motor que o experimento apresenta, uma vez que algumas habilidades decorrem do processo de manipulação, sendo que o mesmo não ocorre no ambiente virtual.

Para a investigação da aprendizagem dos estudantes submetidos às intervenções associando a abordagem (investigativa e tradicional) e o laboratório (material e virtual), teve-se evidências de aprendizagem para os participantes de todas as modalidades de intervenção aplicadas durante a coleta de dados. Para a intervenção com abordagem tradicional, o maior ganho do entendimento foi no ambiente material, ou seja, o ambiente material favoreceu mais a aprendizagem de conteúdos formais durante a aplicação de atividades tradicionais. A abordagem investigativa apresentou indícios de maior aprendizagem também para o ambiente material, no entanto a diferença não teve significância estatística. Assim, pode-se concluir que, para a abordagem investigativa, a aprendizagem de conteúdo formal independe do ambiente de ensino onde é aplicada.

Ao analisar as intervenções no ambiente virtual verificamos que o maior ganho no entendimento foi para os estudantes submetidos à abordagem investigativa em contraste com a abordagem tradicional, sendo essa diferença no ganho do entendimento estatisticamente significativa. Já para as intervenções que ocorreram no ambiente material, teve-se maior ganho no entendimento para os estudantes que foram submetidos à intervenção de natureza investigativa em comparação com os estudantes submetidos à intervenção tradicional, porém essa diferença

não foi estatisticamente significativa. Logo, não foi possível concluir que o ambiente material favorece mais a aprendizagem de conteúdos formais em função da natureza da atividade utilizada: tradicional/investigativa.

Em relação à aprendizagem das habilidades específicas dos estudantes, nas duas abordagens, verificamos que, no geral, os itens conceituais e de aplicação da ferramenta matemática se mostraram mais fáceis que os itens procedimentais. Outro resultado relevante é que, para os estudantes submetidos à intervenção tradicional, os itens conceituais foram mais fáceis, e os itens de ferramenta matemática mais acertados pelos estudantes que participaram da intervenção investigativa.

Referente à investigação da aprendizagem das habilidades específicas dos estudantes submetidos aos dois ambientes de ensino, os itens procedimentais se mostraram mais difíceis, no entanto para os estudantes que participaram da atividade no ambiente virtual eles foram mais fáceis do que para os estudantes que participaram no ambiente material. Quanto à dificuldade dos itens da dimensão específica, aplicação da ferramenta matemática, foi aproximadamente a mesma para os dois ambientes de ensino. Para a dimensão específica conceitual, os resultados encontrados apontaram maior facilidade em resolver os itens para os estudantes que participaram da intervenção no ambiente material. Entretanto, em nenhuma das análises da aprendizagem das dimensões específicas ocorreu diferença estatisticamente significativa.

Ao verificar a aprendizagem das habilidades específicas para as intervenções nos dois ambientes de ensino não foram identificadas grandes diferenças de aprendizagem das dimensões específicas conceitual, procedimental e aplicação da ferramenta matemática. Em síntese, os itens procedimentais se mantiveram mais difíceis em todas as intervenções, independentemente do tipo de atividade aplicada e do ambiente de ensino onde a intervenção ocorreu. Esse resultado já era esperado, uma vez que essa habilidade é mais complexa, pois subteme a associação entre entendimentos conceituais, raciocínio lógico para interpretação de situações problemáticas e, em algumas situações, aplicação de ferramenta matemática. Assim, faz-se necessária uma maior atenção ao ensino desse tipo de habilidade em sala de aula quando abordados conteúdos de alto nível de abstração.

A pesquisa conduzida trouxe diversas contribuições para pesquisadores da área de ensino de Ciências, professores e estudantes, provocando muitas questões relacionadas à aprendizagem de conteúdos formais. O objetivo foi abrir precedentes em relação à identificação das

contribuições das abordagens investigativa e tradicional, laboratório material e virtual e suas associações na aprendizagem dos estudantes. O processo de elaboração e validação dos instrumentos de coleta (avaliação e intervenção) e as decisões adotadas antes da coleta de dados apresentou uma forma coerente e consistente que poderá ser adotada em outras investigações.

O modelo psicométrico desenvolvido foi validado de modo que, além de mensurar a aprendizagem do conteúdo de Pêndulo Simples, podem-se dimensionar as diferentes habilidades desenvolvidas pelos estudantes. Nessa perspectiva, a segunda parte da pesquisa, que será considerada nos próximos tópicos, tem como foco verificar quais estratégias os estudantes empregam para resolver uma prática experimental quando apresentada de natureza tradicional e investigativa em dois ambientes distintos de ensino: material e virtual. Verificar também até que ponto o laboratório material e virtual podem favorecer o desenvolvimento de diferentes habilidades, com uso adequado de ferramentas/instrumentos, realizando medições, dentre outros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será feita uma breve discussão sobre o laboratório de ensino de Física, trazendo uma perspectiva sobre como alguns conceitos abordados em sala de aula são investigados através de uma prática experimental em ambientes de laboratório de Física, material e virtual. Será abordado em que medida o uso da tecnologia tem colaborado para a realização de experimentos, quais as contribuições e limitações dos laboratórios virtuais. É feita uma discussão das definições por nós adotadas para atividade tradicional e atividade investigativa, evidenciando semelhanças e diferenças entre esses dois tipos distintos de atividade, determinando em que medida atividades dessa natureza podem contribuir para a aprendizagem dos estudantes.

Essa seção traz ainda um breve relato sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, abordando aspectos histórico-epistemológicos, promovendo o entendimento do processo de construção do conhecimento científico dos estudantes, o qual pode conduzi-los a uma melhor compreensão de aspectos associados à natureza da Ciência. Por fim, finalizamos essa seção falando da teoria de Habilidades Dinâmicas de Fischer, apontando em que medida essa teoria está associada à Taxonomia SOLO em relação ao aspecto da complexidade hierárquica, a qual foi empregada para avaliar os níveis de entendimento dos sujeitos da pesquisa.

2.1 Prática Experimental e Tipos de Laboratório no Ensino de Física

A realização de práticas experimentais na disciplina de Física é considerada como um importante método para facilitar o entendimento dos estudantes (BORGES, 2002). Há muito tempo o uso de experimentos em aulas de Física faz-se presente, entretanto muitos são os questionamentos acerca de sua real eficácia. Alguns questionamentos têm por base a avaliação da aprendizagem dos estudantes que desse recurso fazem uso (ZWICKL; FINKELSTEIN; LEWANDOWSKI, 2014; LEAL; SEPEL, 2017), uma vez que o uso de práticas experimentais é defendido como um recurso que possibilita a investigação das habilidades procedimentais e cognitivas dos estudantes (ARIANI; SAPTANINGRUM; SISWANTO, 2016).

A principal vantagem associada ao uso de práticas experimentais na disciplina de Física está no desenvolvimento das habilidades associadas à aprendizagem dos estudantes, levando-os a pensamentos mais elaborados, de alta complexidade (HERGA; DINEVSKI, 2012). Durante o

processo de experimentação os estudantes podem ser solicitados a utilizar e desenvolver suas habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais. O modo como a prática experimental será conduzida irá determinar quais habilidades serão mobilizadas/utilizadas (SÈRÉ *et al.*, 2004).

Pesquisadores como Millar (2004), Abrahams e Millar (2008) e Hodson (2009) defendem que as práticas experimentais exercem um papel fundamental no aprendizado dos estudantes, uma vez que envolvem processos cognitivos associados à forma em que o estudante relaciona o mundo real ao fenômeno que está sendo exposto por meio da experimentação – o estudante elabora um modelo mental a partir do que é observado.

As práticas experimentais são utilizadas no contexto educacional para fornecer aos estudantes uma noção de fenômeno físico, e em algumas situações contribuem para a confirmação de uma teoria (WOOLNOUGH; ALLSOP, 1985). Para Abrahams e Millar (2008), um experimento (também entendido e denominado de prática experimental) é uma atividade planejada de modo concreto (laboratório material), ou com uso de simulações computacionais⁷ que podem ser utilizadas para testar hipóteses ou teorias. A seguir, é feita uma definição sistematizada do que consideramos, nessa pesquisa, como laboratório material e como laboratório virtual.

Laboratório material: É um dos tipos de laboratório mais utilizado. Consiste em um ambiente específico que contém: bancada, instrumentos de medida, *kits* de experimentos e outros materiais necessários à realização de práticas experimentais. A denominação material vem do latim *materialis* que se refere ao corpo palpável (PRIBERAM, 2019). Nessa perspectiva, alguns pesquisadores trazem um conceito mais amplo do que para eles é um laboratório material. Por exemplo, para Elawady e Tolba (2009) nesse tipo de ambiente os equipamentos são apresentados para os estudantes de forma física e os estudantes estão presentes no ambiente de laboratório.

Laboratório virtual: São laboratórios compostos por simulações computacionais que podem funcionar de modo *on-line* ou *off-line*. Essas simulações possibilitam a reprodução de fenômenos de diferentes natureza (física, química etc.), em interfaces gráficas compostas por objetos interativos⁸ e passíveis da manipulação de diferentes variáveis envolvidas no fenômeno. Existem variados *softwares* que são utilizados para gerar as simulações correspondentes aos

⁷ Simulações são recursos educacionais que oferecem aos estudantes a possibilidade de alterar variáveis, permitindo a observação de comportamentos diferentes dos objetos/materiais expostos na tela do computador (FIGUEIREDO; BRASIL, 2017).

⁸ Que podem ser percebidos pelos órgãos dos sentidos, permitindo que o estudante tenha uma postura ativa ao interagir com eles (PAGNOSSIN *et al.*, 2014).

fenômenos reais: C++, *Flash*, HTML 5, *Algodo* dentre outros (LIU *et al.*, 2015; GUNAWAN *et al.*, 2017).

Baseado no argumento de que o uso da experimentação não só torna as aulas de Física mais interativas como possibilita que os estudantes tenham uma maior oportunidade de vincular o que é ensinado em sala de aula com o ambiente em que está inserido, algumas vantagens são associadas ao uso dos laboratórios virtuais. Dentre elas, são citadas: motiva os estudantes a analisar fenômenos físicos; possibilita que pessoa com deficiência possam executar experimentos que de outra forma não seria possível; permite que o estudante determine o tempo de realização e observação do fenômeno físico escolhido; pode ser utilizado mesmo fora do ambiente de laboratório, inclusive na própria residência do estudante. Essas e outras vantagens tornam o uso dessa importante ferramenta didática de grande relevância (BRAGA, 2001; HOHENFELD, 2013; GUNAWAN *et al.*, 2017).

2.3 Atividade Investigativa e Roteiro Tradicional

A realização de práticas experimentais tem por objetivo principal colaborar com a construção do conhecimento científico dos estudantes e facilitar a compreensão da natureza da Ciência (HODSON, 1994). Alguns laboratórios mantêm um perfil denominado de “estruturado”, ao utilizarem atividades nas quais estão descritos os passos que devem ser executados pelos estudantes (HOFSTEIN *et al.*, 2008). Em nossa pesquisa denominaremos esse tipo de atividade de “atividade tradicional”. Alguns autores afirmam que atividades dessa natureza solicitam pouco que o estudante se envolva, ou se engaje, na atividade experimental realizada (DELIZOICOV, 2005). Contudo, há necessidade de avaliar em que medida essa perspectiva ocorre de fato e o que esse tipo de laboratório promove em termos de aprendizagem.

O laboratório que utiliza como suporte atividades tradicionais é, dentre os diferentes tipos de laboratório, o mais empregado. Funciona com uma atividade orientadora, sendo que a disposição dos estudantes ocorre em pequenos grupos. Para Spears e Zollman (1977), esse tipo de atividade enfatiza a verificação dos princípios físicos, por meio de tarefas detalhadas, porém não fornece subsídio suficiente que possibilite afirmar que os estudantes pensem ativamente e tenham compreensão de processos científicos envolvidos no fenômeno físico observado.

O fruto gerado a partir de uma atividade tradicional aplicada em um laboratório experimental geralmente é um relatório, no qual constam os dados levantados, cálculos realizados e conclusões. O relatório pode ser construído durante a realização da atividade tradicional ou entregue *a posteriori*. O professor utiliza o relatório da atividade experimental enquanto instrumento de avaliação, cujo objetivo é verificar se os estudantes conseguiram compreender quais as ações solicitadas a serem executadas para obter um resultado final já conhecido (HODSON, 1994; MILLAR, 2010).

Um relatório bem elaborado, proveniente de uma atividade tradicional, é aquele cujas respostas são condizentes com as do gabarito (respostas) do professor. As respostas finais dos questionamentos, na sua grande maioria, são fornecidas em forma de números. Quanto mais as respostas são próximas, mais o professor conclui que o estudante aprendeu (MALHEIRO, 2016).

O laboratório com uso de atividades tradicionais é considerado o mais comum, sendo usado em todos os níveis educacionais. Esse recurso surgiu da necessidade de complementar o laboratório demonstrativo (MILLAR, 2010), ou seja, permitir que os estudantes manipulassem os aparatos experimentais para assim desenvolverem habilidades procedimentais. É considerado que o desenvolvimento de habilidades procedimentais contribui para o processo da aprendizagem (SUDARMANI; PUJIANTO; ROSANA, 2018).

Mesmo considerando que o laboratório com uso de atividades tradicionais auxilia o desenvolvimento de habilidades procedimentais dos estudantes (AHRENSMEIER, 2013; SHARMA *et al.*, 2014), existem autores que atribuem o insucesso dos estudantes na resolução de atividades de natureza experimentais à forma como essas atividades são elaboradas, isto é, na maioria das vezes, elas não ajudam o estudante a despertar o raciocínio lógico (HOFSTEIN *et al.*, 2008). Sokoloff, Laws e Thornton (2007) afirmam que a condução de uma aula de laboratório com uso de atividade tradicional torna a atividade desinteressante e cansativa para os estudantes, porque normalmente eles utilizam o tempo da prática experimental para coletar dados, realizar cálculos, e construir gráficos de resultados que apresentam apenas relações entre grandezas. Já outros, argumentam que a atividade utilizada durante a prática de laboratório nem sempre solicita dos estudantes as habilidades de investigação e, assim, ocorre um aprendizado deficitário cuja eficácia não é evidenciada (HODSON, 1990; ROBERTS; GOTT, 2004; WIEMAN; HOLMES, 2015).

A atividade associada ao ato de ensinar Ciências é encarada por muitos pesquisadores da área como de alta complexidade, pois envolve compreensão conceitual, conhecimento processual, compreensão de aspectos associados à natureza da Ciência e questões de natureza sociocientíficas (MOEED, 2010). Quanto às questões de natureza sociocientíficas, abrangem as situações em que, no momento de interação dos estudantes, são gerados conflitos decorrentes, por exemplo, de diferentes pontos de vista. Assim, os estudantes precisam desenvolver a competência social, o que abarca principalmente a postura colaborativa. Nesse sentido, o trabalho em equipe no ambiente de laboratório termina por favorecer que situações de natureza sociocientíficas sejam trabalhadas e dirimidas (SNĚTINOVÁ; KÁCOVSKÝ; MACHALICKÁ, 2018).

Dentre os variados tipos de atividades que podem ser utilizadas no ambiente de laboratório, Millar (2010) definiu a atividade de natureza investigativa como aquela em que os estudantes não recebem um roteiro com passos especificamente determinados e que devem ser necessariamente seguidos. Esse tipo de atividade dá ao estudante a liberdade de decisão na escolha de procedimentos a serem seguidos. Atividades dessa natureza solicitam que os estudantes registrem os dados obtidos, os analisem e, por fim, interpretem os resultados atingidos. Em algumas situações, as atividades de natureza investigativa permitem que os estudantes escolham o questionamento a ser abordado, bem como a conclusão final a ser alcançada (SASSERON, 2021).

Na perspectiva de ensino com uso de atividades investigativas, o professor terá a função de mediar o processo da aprendizagem dos estudantes, cabendo a ele a função de tornar os estudantes conscientes de suas próprias concepções; ajudar os estudantes a aplicarem suas concepções a situações experimentais para que, assim, possam verificar tal eficácia; ter uma visão crítica sobre o modo como suas concepções podem ser aplicadas e comprovadas na busca do melhor modo de resolver uma determinada atividade; fornecer os instrumentos necessários para que a prática experimental seja realizada, mostrando como se usa cada um deles; ajudar os estudantes a planejar o modo como a prática experimental será realizada, para que as hipóteses previamente levantadas sejam corretamente testadas; elaborar desafios que estimulem os estudantes a não só realizar a prática experimental como também que sejam capazes de explicar os procedimentos realizados e possíveis resultados obtidos. Desse modo, o estudante terá condições de socializar os resultados encontrados experimentalmente, favorecendo as discussões

em grupo e o processo de cooperação (CARVALHO, 2013, GOUW; FRANZOLIN; FEJES, 2013).

Em outras palavras, na perspectiva de atividades investigativas, cabe ao professor elaborar desafios que possibilitem que o estudante pense sobre o que está a fazer, explorando várias formas de conhecimento na busca de uma solução. Por isso, o docente deve atuar enquanto mediador do ensino por investigação. O professor deve levar em consideração que cada turma de estudantes possui um perfil próprio e diferente das demais. No momento em que o professor estiver elaborando uma atividade investigativa, ele deve levar em consideração fatores conceituais e metodológicos (LEITE; RODRIGUES; MAGALHÃES, 2015).

As fases que envolvem o processo investigativo, segundo Hodson (2009), são: projeto e planejamento, desenvolvimento da atividade, reflexão e registro de relato. Essas fases não ocorrem sempre de maneira sequencial, mas sim simultaneamente. Por exemplo, uma problemática pode ser gerada em função do método de análise a ser adotado. Na realização desse tipo de atividade, após o estudante ser informado da problemática a ser resolvida, a ele é concedida a oportunidade de: analisar o questionamento utilizando sua compreensão contextual e procedimental; elencar possíveis hipóteses baseadas nos pensamentos e compreensão momentânea; planejar as estratégias a serem seguidas para a realização da atividade investigativa; e, na medida em que a atividade for sendo executada, fazer uma avaliação das estratégias adotadas para identificar se é necessário alterações no processo de investigação. O estudante está sempre decidindo, avaliando e modificando sua ação durante o processo de investigação (ROBERTS; GOTT, 2004). Esse processo de investigação possibilita que o estudante compreenda não só o fenômeno em questão, como também que entenda aspectos relacionados com a natureza da Ciência (HODSON, 2009).

O envolvimento dos estudantes em práticas experimentais pode favorecer o reconhecimento da Física enquanto disciplina experimental, além de possibilitar uma melhor compreensão dos conteúdos abordados na disciplina (HODSON, 2009). Os professores, como responsáveis pela escolha da perspectiva de ensino, têm a importante tarefa de planejar atividades que tornem a prática experimental envolvente (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Nessa mesma linha de raciocínio, Carvalho (2013) defende que uma atividade de natureza investigativa não deve ser pautada unicamente em observações e/ou manipulação de dados. Logo, no momento da elaboração da atividade de natureza investigativa, o professor deve ter o cuidado

de construir um desafio que solicite aos estudantes refletir, discutir e explicar. Nesse tipo de atividade, diferentes interações podem surgir entre os próprios estudantes e entre os estudantes e o professor. Nesse sentido, o processo de aprendizagem será decorrência de procedimentos e atitudes (SUDARMANI; PUJANTO; ROSANA, 2018).

Por fim, o uso de atividades tradicionais/investigativas durante a realização de uma prática experimental tem a função de auxiliar a compreensão dos estudantes a cerca do conteúdo abordado – no nosso caso a Física – mesmo que cada tipo de atividade trabalhe diferentes aspectos. Conforme vimos, a atividade tradicional contribui mais para o desenvolvimento de habilidades procedimentais, já a atividade investigativa tem maior contribuição no desenvolvimento do raciocínio lógico e na interpretação sobre aspectos relacionados com a natureza da Ciência.

2.4 O Conceito de Pêndulo Simples

O Pêndulo Simples foi objeto de estudo de Matthews (2000). Ele apontou para a relevante contribuição que os estudos sobre o Pêndulo Simples trouxeram para o desenvolvimento da Ciência e da Cultura de modo geral. Na literatura, podemos encontrar relatos apontando que Galileu, Newton e Huygens, ao estudarem o comportamento do Pêndulo Simples, trouxeram importantes contribuições para o desenvolvimento da Mecânica Clássica, determinação do valor da aceleração da gravidade e contribuições associadas à fabricação de relógios (MATTHEWS *et al.*, 2004).

No caso do Galileu, ele utilizou amplamente o Pêndulo Simples em seus experimentos. No início de sua carreira, enquanto cientista, ele pesquisou as características associadas ao movimento pendular. Logo em seguida, ele fez uso do Pêndulo Simples como dispositivo de medição de tempo em experimentos feitos. Ele pôde verificar que o tempo de oscilação do Pêndulo Simples independe do peso do corpo preso à extremidade do fio. Galileu comentou suas descobertas em duas obras publicadas “*Diálogos sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo*” e “*Diálogos sobre Duas Novas Ciências*” (PALMIERI, 2005; BORRACHERO, 2019).

Já Isaac Newton, em 1666, pretendia comparar a aceleração centrípeta de um corpo em rotação próximo à Terra com o valor da aceleração da gravidade. Para isso, precisava saber o valor da aceleração gravitacional. Galileu estimou que o valor da aceleração da gravidade era de

4m/s^2 . Entretanto, Galileu nunca obteve o valor preciso desse cálculo. Newton utilizou um Pêndulo Cônico⁹ para calcular o valor da aceleração da gravidade. Ele utilizou o valor do período de rotação do Pêndulo Cônico para determinar o valor da força centrípeta e, a partir dela, determinar o valor da aceleração gravitacional. Ou seja, ele utilizou a relação existente entre a força centrípeta e a aceleração gravitacional para estabelecer relações no movimento do Pêndulo Cônico. Dessa forma, conseguiu encontrar o valor de aproximadamente $10,2 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da gravidade (DA SILVEIRA, 2006; PALMIERI, 2005; BORRACHERO, 2019).

Apesar de ter sido Galileu quem estudou a regularidade da oscilação no movimento do Pêndulo Simples no século XVI, foi o holandês Cristiaan Huygens que, em 1656, usou este conhecimento para inventar o relógio de pêndulo. Huygens observou o movimento dos pêndulos de dois relógios que estavam pendurados em uma trave. Ele percebeu que os pêndulos mantinham entre si um movimento sincronizado, sendo que, independentemente da posição (abertura angular) de partida, mantinham entre si uma ‘oposição de fase’(GAULD, 2004).

Tendo conhecimento desses fatos históricos, Matthews (1989; 2001) destacou as importantes contribuições que estudos que envolvam o conteúdo sobre o Pêndulo Simples podem trazer para que os estudantes e professores possam ter uma melhor compreensão sobre a natureza da Ciência: os estudantes podem compreender as contribuições advindas da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências; fornece aos professores um ponto de vista mais elaborado sobre a natureza da Ciência; apresenta aos professores diferentes abordagens associadas à natureza da Ciência que podem ser utilizadas na sala de aula.

Estudos sobre o conteúdo de Pêndulo Simples podem ser utilizados para explicitar diferentes concepções sobre a natureza da Ciência no ambiente educacional. Por exemplo, o estudo do período de oscilação do Pêndulo Simples se constitui em uma atividade considerada de alto nível cognitivo, que não requer materiais de caráter específico. Esse tipo de atividade pode ser realizada com materiais adquiridos com facilidade, entretanto ela agrega uma importante contribuição para a História das Ciências, uma vez que o processo de realização da atividade, não o resultado final adquirido, traz importantes contribuições para a construção do conhecimento do estudante, a partir da realização de atividades científicas (KANARI; MILLAR, 2004; MARTÍNEZ-PÉREZ, 2015).

⁹ Pêndulo Cônico possuía aproximadamente 2,05 m de comprimento e descrevia uma trajetória circular no plano horizontal com inclinação de cerca de 45 graus.

O estudo do conteúdo de Pêndulo Simples, com o auxílio de uma prática experimental, traz importantes contribuições para o aprendizado dos estudantes, pois possibilita que eles tenham acesso a uma representação esquemática do movimento descrito, favorecendo o raciocínio lógico e o desenvolvimento de habilidades cognitivas. Por exemplo, o estudante pode matematizar o movimento descrito e, usando a ferramenta matemática, calcular o valor da aceleração da gravidade local.

2.5 Perspectiva de Aprendizagem

Muitas pesquisas sobre a aprendizagem têm como objetivo identificar as dificuldades enfrentadas pelos estudantes ao aprenderem conteúdos formais. Entretanto, conduzir uma pesquisa, nessa temática, significa explorar questões complexas que demandam a elaboração de táticas que abarquem os pensamentos dos estudantes, aspectos do contexto onde o processo é conduzido e as situações de ensino impostas (AMANTES; BORGES, 2011). Dois desafios são geralmente enfrentados no decorrer de uma investigação dessa natureza: o primeiro deles é identificar quais elementos devem ser investigados e o segundo é saber como construir instrumentos e ferramentas adequadas para analisar os elementos em indagação. Assim, faz-se necessário que sejam definidos os parâmetros utilizados para interpretar o ato de aprender e, a partir deles, pontuar os critérios a serem estabelecidos na pesquisa.

Nessa pesquisa, consideramos aprendizagem na perspectiva do progresso de entendimento que, por sua vez, é definido enquanto um atributo (traço) latente¹⁰, apresentando várias facetas. A concepção adotada tem semelhança com os trabalhos desenvolvidos na área de psicologia e educação que investigam traços latentes (ADAMS, 2005; AMANTES, 2005; DAWSON, 2006; REGEBE; AMANTES, 2013). Ao considerarmos o entendimento como um traço latente, entendemos que este não pode ser diretamente mensurado, pois o que nos é permitido observar são as manifestações (observáveis) desse atributo que podem variar a depender da situação problema proposta. O fato de um estudante saber explicar um conceito verbalmente, e até deduzir a equação matemática que rege o fenômeno físico, não quer dizer que ele saiba utilizar o conceito em determinadas situações físicas. Isso pode evidenciar que o entendimento do conceito abordado não foi plenamente desenvolvido pelo estudante (PERKINS, 1993).

¹⁰ Atributo que não pode ser observado diretamente.

Nessa perspectiva, o entendimento é um traço latente associado ao desempenho/habilidade dos estudantes ao resolverem tarefas ou solucionarem desafios. O foco é avaliar a evolução do entendimento (progresso oscilatório ascendente) para inferir se ocorreu ou não a aprendizagem. O entendimento é identificado quando o estudante, em ação, demonstra que sabe fazer/dizer. Para Amantes (2005), o saber fazer e o saber dizer fornecem indícios do estado de articulação do entendimento do estudante, ou seja, o entendimento perpassa ao que é expresso seja por meios da fala, da escrita ou pela própria ação executada (FRADE, 2003; WYKROTA, 2007).

Um aspecto relevante a se levar em consideração é que, apesar de ser possível ter acesso às manifestações do entendimento em diferentes aspectos e domínios de ação, os observáveis correspondem a um estado momentâneo, uma vez que o entendimento apresenta um caráter dinâmico. Isso significa que o entendimento sobre algo (objeto, conceito, situação, pessoa, dentre outros) sofrerá mudanças no decorrer do tempo (FRADE, 2003; WYKROTA, 2007).

Pesquisas desenvolvidas na área de Ensino de Ciências, como as realizadas por Dawson, (2004) e Fischer (2008), Amantes (2009), Coelho (2011), Castro (2017) e Fernandes (2020) têm reportado esse caráter oscilatório do processo da aprendizagem. Nesse processo, os estudantes vão adquirindo variadas habilidades ao longo do tempo. Tanto a quantidade como a qualidade das habilidades adquiridas dependerá das relações estabelecidas pelos estudantes, estando sujeitos à influência de diferentes fatores. Alguns fatores apontados nas pesquisas da área são: o suporte social, a maturidade e o histórico pessoal de aprendizagem de cada indivíduo (BIGGS; COLLIS, 1982; PARZIALLE; FISCHER, 1998). Ainda, deve-se levar em consideração a maneira como o conteúdo é apresentado para os estudantes, haja vista que diferentes significados podem ser atribuídos, a depender das relações estabelecidas pelos estudantes com conhecimentos pré-estabelecidos (COELHO, 2011).

A noção de habilidade adotada nessa pesquisa está fundamentada na perspectiva de desenvolvimento cognitivo, segundo os pressupostos teóricos defendidos pela complexidade hierárquica, de acordo com a Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980). Nessa pesquisa, o atributo que utilizamos para identificar as estratégias usadas pelos estudantes foi a habilidade por eles empregada no momento em que resolvem atividades de diferentes naturezas.

Baseado na Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980), habilidade é definida enquanto um traço latente, associado ao desenvolvimento dos sujeitos. A Teoria de Habilidades

Dinâmicas enuncia patamares de desenvolvimento (semelhantes a estágios) definidos pelo domínio ou área de conhecimento, a qual, assim como ocorre com a Taxonomia SOLO de Biggs e Collis (1982), pode ser considerada uma teoria multimodal. Trabalhos como o desenvolvido por Dawson e Stein (2008) são exemplos de aplicação dessa teoria para examinar o entendimento dos estudantes, tendo como parâmetro de observação a quantidade de conceitos e/ou conteúdos e a articulação entre eles que apareceram nas respostas fornecidas pelos discentes.

Nesse trabalho, a Taxonomia SOLO foi utilizada para analisar as habilidades de pensamento explicitadas pelos estudantes ao realizarem atividades (tradicionais/investigativas), em dois ambientes distintos de ensino: material e virtual. Os resultados são decorrentes das relações estabelecidas pelos procedimentos ensinados e da capacidade individual de cada estudante. Quanto à capacidade individual de cada estudante, Hattie e Brown (2004) destacam os conhecimentos prévios em relação ao conteúdo, as motivações, as intenções em relação ao aprendizado e as estratégias utilizadas pelos discentes no processo de ensino-aprendizagem.

A Taxonomia SOLO foi desenvolvida pelos australianos Jhon Biggs e Kevin Collis, sendo publicada em 1982 no livro *Evaluating the Quality of Learning: the SOLO Taxonomy*. Ela foi desenvolvida para avaliar a qualidade (estrutura), das respostas dos estudantes fornecidas nas atividades acadêmicas. No entanto, a Taxonomia SOLO também pode ser empregada na elaboração de itens/atividades, na avaliação dos estudantes, no processo de formação de professores e como metodologia de pesquisa.

De acordo com os pressupostos demarcados pelo movimento neopiagetiano¹¹, a Taxonomia SOLO é caracterizada por um sistema de categorias que tem por objetivo analisar (investigar) a estrutura das respostas dos estudantes, buscando identificar o tipo de pensamento demonstrado (BIGGS; COLLIS, 1982). Nesse sentido, o objeto investigado (alvo) são as respostas fornecidas pelos estudantes, as quais são elaboradas em momentos específicos. Esses momentos específicos podem ser, por exemplo, ao responder uma determinada atividade experimental ou não, de natureza tradicional ou investigativa.

A Taxonomia SOLO pode ser utilizada para auxiliar diversos fenômenos educacionais, abarcando tanto as avaliações externas como as internas ao contexto da sala de aula. Esses dois tipos de avaliação se complementam. Em ambas as situações é possível utilizar atividades que

¹¹ Refere-se a teóricos que promovem estudos e teorias tomando como base a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget.

solicitam que o estudante expresse a sua maneira de pensar. Para a elaboração das atividades (instrumentos de avaliação e intervenção, dentre outros) a Taxonomia SOLO pode contribuir na elaboração dos itens, proporcionando a construção de um instrumento que, além de equilibrado, mantém uma articulação com os objetivos educacionais.

A Taxonomia SOLO permite ainda que seja feita uma reflexão sobre vários aspectos da educação escolar. Biggs e Collis (1982) afirmam que essa Taxonomia pode ser utilizada para avaliar as intenções do professor no início de um período de ensino, podendo compreender as intervenções pedagógicas com o objetivo de identificar e corrigir possíveis situações que podem prejudicar (atrapalhar) o processo de ensino-aprendizagem. Nesse ínterim, as avaliações aplicadas serão apenas uma parte do processo de análise.

Por ser uma Taxonomia fácil de ser aplicada, a SOLO pode ser utilizada em diferentes contextos de ensino e com diferentes finalidades. Ela ajuda os professores a utilizarem metodologias de ensino que incentivam os estudantes a atingirem aprendizagens mais profundas (HATTIE; BROWN, 2004).

Biggs e Collis (1982) organizaram a Taxonomia SOLO em cinco níveis, que mantêm uma configuração ascendente em uma escala de complexidade cognitiva:

- Pré-estrutural (P): o estudante fornece uma resposta incoerente ou inadequada, fornecendo uma ideia equivocada do que é solicitado. O nível pré-estrutural, por se tratar de uma ideia incoerente/inadequada, não indica que houve aprendizagem para os indivíduos que estão nesse nível de cognição;
- Uniestrutural (U): o estudante fornece uma resposta que possui um único elemento relevante, porém contendo inconsistência;
- Multiestrutural (M): o estudante fornece dois ou mais elementos relevantes, no entanto esses aspectos não se relacionam, ou seja, se mantêm de forma independentes;
- Relacional (R): o estudante fornece vários elementos relevantes, apresentando uma relação entre eles, formando assim uma estrutura coerente.
- Abstrato estendido (A): o estudante fornece uma resposta com informações além das fornecidas no enunciado do item, podendo ser aplicada em outros contextos.

Para Hattie e Brown (2004), os níveis de complexidade cognitiva apresentados pela Taxonomia SOLO são subdivididos em duas categorias de aprendizagem: superficial e profunda.

- Superficial: Abarca os níveis uniestructural e multiestructural. Nessa categoria é verificado que os níveis aumentam em quantidade de informação, ou seja, as respostas aumentam no número de elementos relevantes, porém esses elementos não mantêm uma relação entre si. São considerados níveis mais simples.

- Profunda: Abarca os níveis relacional e abstrato estendido. Nessa categoria, o conteúdo apresentado possui um nível de cognição mais elevado, apresentando uma mudança na qualidade, uma vez que é modificada a forma como os dados são processados pelos sujeitos. Apresenta um entendimento mais complexo, mantendo uma relação entre as informações disponíveis, possibilitando que sejam feitas generalizações e teorizações.

Hattie e Brown (2004) afirmam que esses dois tipos de aprendizagem são igualmente importantes. Eles orientam que, no caminho da aprendizagem, o ideal é partir da aprendizagem superficial em direção à aprendizagem profunda, todavia esses dois tipos de aprendizagens não se opõem, mas se complementam. Usando a Taxonomia SOLO o professor poderá controlar de maneira mais consciente as instruções que vão sendo ministradas aos estudantes, por meio de avaliações, atividades (tradicionais/investigativas), dentre outras. Assim a Taxonomia SOLO, apesar de ter sido criada para analisar as respostas dos estudantes, pode ainda ser utilizada para outros fins.

No nosso caso, ela foi empregada para verificar como se configura o perfil de habilidades. Verificar se esse perfil é diferente em função da natureza da atividade e/ou do tipo de ambiente de ensino utilizado.

3 METODOLOGIA

Um paradigma, Creswell (2010) chama de concepções, refere-se a um conjunto de crenças orientadoras que servem para guiar uma especulação. A escolha de um paradigma irá conduzir o pesquisador a adotar um estilo de abordagem de pesquisa: qualitativa, quantitativa ou de métodos mistos. A pesquisa quantitativa objetiva a generalização e a possibilidade de replicação dos resultados adquiridos, enquanto que a pesquisa qualitativa busca a compreensão e a interpretação (GUNTHER, 2006; CRESWELL, 2014).

Nessa pesquisa, em particular os professores, pesquisadores e estudantes, compõem uma amostra de conveniência baseados na disponibilidade para participar da investigação. Essa classificação é fundamentada na concepção defendida por Creswell (2010), o qual considera como amostra de conveniência grupos formados de maneira natural, por exemplo, classes de estudantes, grupos de voluntários, dentre outros. Como nessa pesquisa os participantes não foram designados de maneira aleatória, ela é do tipo quase-experimental, fundamentada na abordagem metodológica mista. A abordagem metodológica mista, aplicada nessa pesquisa, combinou o uso de métodos qualitativos e quantitativos, abrangendo as fases de coleta e análise dos dados constituintes dessa investigação. A adoção desse tipo de abordagem possibilitou a investigação de padrões (CRESWELL, 2007).

De forma resumida, essa seção discute aspectos relativos às escolhas metodológicas adotadas, com o propósito de apresentar o delineamento adotado nessa pesquisa para os procedimentos metodológicos de coleta e análise dos dados, oriundos das intervenções.

3.1 Descrição dos Dados Coletados

3.1.1 Dinâmica de aplicação do material

Aplicação da Atividade Investigativa

Nessa parte da pesquisa serão descritas as etapas de aplicação da atividade investigativa que foi realizada nos dois ambientes de ensino: material e virtual.

Primeira aula: Antes do início da intervenção foi aplicado um teste de conhecimentos¹² – “Teste Inicial”.

Segunda e terceira aulas (primeira aula experimental): Lançamento de uma situação problema inicial: “Quais variáveis interferem no tempo de oscilação do Pêndulo Simples?”. O objetivo do professor, ao lançar essa problematização no ambiente do laboratório, era fazer com que os estudantes pensassem nas características (grandezas físicas e suas relações) envolvidas na oscilação de um Pêndulo Simples. Na sequência, seria entregue aos estudantes o desafio 1: “Como se relaciona a amplitude de oscilação e o período (T) no Pêndulo Simples?”.

Segunda e terceira aulas (segunda aula experimental): Aplicação do desafio 2: “Utilizando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período (T) de oscilação e a massa do pêndulo (m)”. Nessa atividade os estudantes, além de saberem alguns conceitos específicos como massa e período, deveriam ser capazes de realizar medidas de grandezas físicas.

Segunda e terceira aulas (terceira aula experimental): Aplicação do desafio 3: “Utilizando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período de oscilação (T) e o comprimento do fio (L).” Nesse caso, além de o estudante conhecer os conceitos de período e comprimento, era necessário que ele identificasse se existia relação entre essas grandezas.

Quarta aula: Foi aplicado um segundo teste de conhecimentos – “Teste Intermediário”.

Quinta e sexta aulas (quarta aula experimental): Realização do desafio 4: “Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?”. Nesse desafio, o estudante teve de lembrar as conclusões das três atividades anteriores, instruir sobre a relação inversa entre o período e a raiz quadrada da aceleração da gravidade e, por fim, concluir que todas essas relações de proporcionalidade tornam-se uma igualdade ao inserir constantes, resultando na equação do período do Pêndulo Simples.

Todas as atividades experimentais foram realizadas utilizando o *kit* experimental ou a simulação computacional.

Sétima aula: Finalizando a intervenção foi aplicado o terceiro teste de conhecimentos – “Teste Final”.

¹² Todos os testes de conhecimento versavam sobre o conteúdo de Pêndulo Simples.

Aplicação da Intervenção Didática Tradicional

Nessa parte da pesquisa são descritas as etapas de aplicação da atividade tradicional, que foi aplicada nos dois ambientes de ensino: material e virtual.

Primeira aula: Antes do início da intervenção de natureza tradicional foi aplicado um teste de conhecimentos – “Teste Inicial”.

Segunda e terceira aulas (aula expositiva): Foi realizada uma aula expositiva no ambiente da sala de aula (Conteúdo de Pêndulo Simples).

Quarta aula: Foi aplicado um segundo teste de conhecimentos – “Teste Intermediário”.

Quinta e sexta aulas (primeira e segunda aula experimental): Foram aplicadas cinco tarefas (1; 2; 3; 4 e 5). A realização da atividade durou duas horas/aula (100 minutos).

Tarefa 1 – Antes da proposta da primeira atividade experimental foi pedido que o estudante fixasse os valores de algumas grandezas de acordo com o roteiro experimental em mãos. Para o que seria aplicado no ambiente de natureza virtual, foi pedido: “Com o simulador aberto na tela do computador, insira o valor do comprimento do pêndulo (1,5 m), a massa (1,0 kg), sem resistência do ar e atrito, cronômetro em tempo real e gravidade do planeta Terra (conforme figuras)”. E no que seria aplicado no ambiente material, a solicitação foi: “Com o experimento montado, fixe o comprimento do fio em 30,0 cm e utilize o corpo de prova de alumínio”. Na sequência, foi orientado (em ambos os roteiros) que o estudante utilizasse o cronômetro para medir o tempo de dez oscilações completas, de acordo com os ângulos constantes na tabela referente à mesma tarefa. Após a realização procedimental, foi solicitado que os estudantes calculassem o percentual de variação dos valores dos períodos constantes na tabela e, para isso, o estudante deveria utilizar a equação fornecida na mesma questão. Ainda, referente à mesma tarefa, constava uma tabela na qual os estudantes deveriam preencher alguns valores de variação de ângulo conforme solicitado. Por fim, foram feitas três questões que solicitavam que o estudante expressasse seu entendimento de modo discursivo.

Tarefa 2 – A atividade pedia que passos fossem seguidos com o intuito de preencher uma tabela de dados (massa e período). Então, após a realização da atividade, foi solicitado que o estudante inferisse sobre a relação existente entre o período e a massa do Pêndulo Simples.

Tarefa 3 – Semelhante às tarefas 1 e 2, a tarefa 3 solicitava que o estudante seguisse passos pré-determinados. Após o preenchimento da tabela referente à questão, foi solicitado que

o estudante deduzisse sobre a relação entre o período (T) e o comprimento do fio (L) do Pêndulo Simples.

Tarefa 4 – A atividade pedia que, com o uso de um papel milimetrado (fornecido no ambiente de laboratório), o estudante construísse o gráfico do período em função da raiz quadrada do comprimento do Pêndulo Simples. Foram solicitados cinco gráficos com comprimentos pré-determinados. Ainda referente a essa tarefa, foi solicitado do estudante que ele, a partir da construção do gráfico ($T \times L$), deduzisse a relação matemática entre o período e a raiz quadrada do comprimento do Pêndulo Simples.

Tarefa 5 – Atividade com explicação teórica e orientações sobre os procedimentos a serem realizados. Após o fornecimento de equações e valores de grandezas foi solicitado que o estudante calculasse o valor aproximado da aceleração da gravidade local e fizesse uma comparação com o valor teórico esperado. Nessa tarefa o estudante também teria que preencher uma tabela com valores de grandezas obtidos mediante a realização dos procedimentos.

Sétima aula: Concluindo a intervenção de natureza tradicional foi aplicado um terceiro teste de conhecimentos – “Teste Final”.

Dados coletados

Os dados coletados no geral se constituíram em: respostas aos três testes de conhecimento, respostas fornecidas às atividades de natureza tradicional (roteiro) e investigativa, e o diário de bordo. A análise da parte referente às respostas aos testes de conhecimento está reportada na Tese defendida por Xavier (2018). Já os dados relativos às respostas às atividades de natureza tradicional e investigativa, serão analisados nessa pesquisa.

De posse das respostas dos estudantes ao roteiro de natureza tradicional e à atividade de natureza investigativa, foi feito um levantamento na busca de identificar semelhanças/equivalências entre as tarefas dos dois materiais. O **Quadro 5**, a seguir, explicita o critério utilizado nessa etapa inicial de escolha de quais respostas seriam analisadas nessa pesquisa. Buscamos identificar quais tarefas e desafios possuíam o mesmo objetivo.

Quadro 5 – Objetivos – Tarefas (T) x Desafios (D)

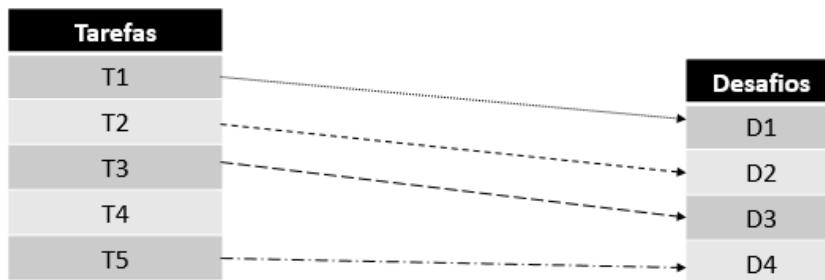
Instrumento de intervenção	Tipo de atividade	Rubrica tarefa/desafio	Objetivo
Roteiro Tradicional	Tarefa	T1	Investigar o que acontece com o período (T) do pêndulo quando o ângulo de abertura (θ) é aumentado.
		T2	Investigar a relação entre o período (T) e a massa (m) do pêndulo.
		T3	Investigar a relação entre o período (T) e o comprimento (L) do pêndulo.
		T4	Investigar a relação matemática entre o período (T) e a raiz quadrada do comprimento (L) do pêndulo.
		T5	Calcular o valor da aceleração da gravidade local (g).
Atividade Investigativa	Desafio	D1	Fazer com que o estudante conclua que há dependência entre o período e a amplitude de oscilação e que, ao aumentar a amplitude, aumenta-se também o período.
		D2	Fazer com que o estudante conclua a não dependência entre o período de oscilação e a massa do pêndulo.
		D3	Fazer com que o estudante conclua a dependência entre o período e o comprimento do fio (quanto maior o comprimento, maior o período).
		D4	Fazer com que o estudante mobilize seus conhecimentos sobre Pêndulo Simples e utilize a equação do período para determinar o valor da aceleração da gravidade local, fazendo medições do período e comprimento do pêndulo.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nota: Leia: **T1** → Tarefa 1, idem para os demais.

D1 → Desafio 1, idem para os demais.

A **Figura 7**, a seguir, apresenta quais tarefas e desafios apresentaram semelhanças/equivalências de objetivos entre si:

Figura 7 – Correspondência entre tarefas e desafios

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Uma vez identificadas quais tarefas e desafios possuíam semelhanças/equivalências de objetivos entre si, foi feita uma verificação dos resultados apresentados na validação reportada por Xavier (2018). Nesse processo, foi constatado que o quarto desafio (**D4**) apresentou

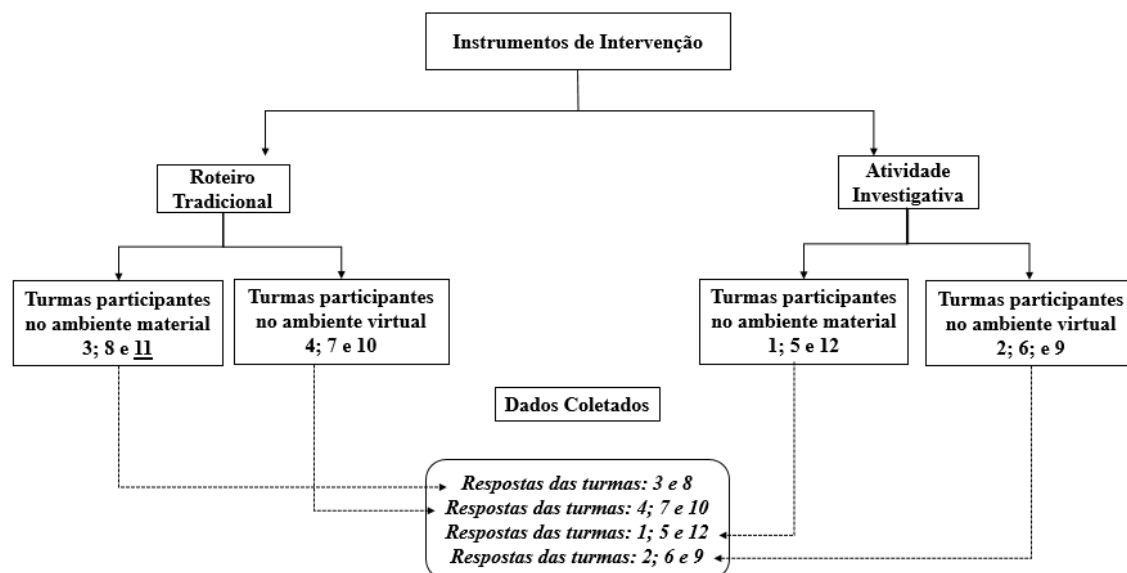
adequação ao caráter investigativo e, dentre os quatro desafios validados, foi o que apresentou o mais alto potencial para os objetivos propostos pela atividade investigativa. Quanto às tarefas da atividade de natureza tradicional (roteiro), verificamos que, dentre as tarefas validadas, a quinta tarefa (**T5**) apresentou adequação ao caráter tradicional e ao objetivo proposto pela atividade. Por conseguinte, como o quarto desafio **D4** e a quinta tarefa **T5** possuíam semelhanças/equivalências de objetivos, as respostas fornecidas pelos estudantes a essa/esse tarefa/desafio foram utilizadas como dados para essa pesquisa.

Conforme exposto anteriormente, a coleta de dados contou com a participação de 12 turmas do Ensino Médio Integrado. No entanto, as respostas de uma das turmas participantes – turma 11821 (Refrigeração e Climatização), composta por 31 estudantes – foram extraviadas. Assim, os dados coletados corresponderam às respostas de 11 turmas de estudantes, dos cursos de Mecânica, Automação, Edificações e Eletrotécnica.

Das 11 turmas participantes, 5 turmas participaram da atividade tradicional em um total de 174 estudantes, e 6 turmas participaram da atividade investigativa em um total de 167 estudantes. Obtivemos 341 folhas de respostas. Entretanto, após verificação, foram identificadas 104 folhas de resposta em branco (67 dos que participaram da atividade tradicional e 37 dos que participaram da atividade investigativa). Foram analisadas as respostas de 237 estudantes que entregaram respostas válidas. A **Figura 8**, a seguir, apresenta o esquema de aplicação das intervenções nas turmas.¹³

¹³ Os dados da turma **11** não foram entregues à pesquisadora.

Figura 8 – Esquema de aplicação das intervenções nas turmas



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

A seguir, será explanado o processo de construção dos sistemas categóricos elaborados para análise dos dados dessa pesquisa.

3.2 Elaboração dos Sistemas Categóricos

Algumas dificuldades estão associadas ao caráter subjetivo que objetos de estudo da área educacional apresentam para serem associados, mensurados e avaliados (AMANTES; OLIVEIRA, 2012).

Nessa pesquisa, consideramos que os estudantes, ao resolverem atividades de natureza tradicional/investigativa com auxílio de práticas experimentais, fazem uso de diferentes estratégias. Concebemos estratégia enquanto um conjunto de habilidades explicitadas pelos estudantes (DVORNIKOVA; KOSTROMINA, 2009) ao resolverem atividades de natureza distinta, por exemplo, tradicional/investigativa. Consideramos, ainda, que é de fundamental importância não só identificar o tipo de habilidade explicitada pelos estudantes como também verificar o grau de complexidade em que essas habilidades se apresentam. Para tanto, buscamos construir categorias que fossem excludentes, abrangentes, lógicas e apropriadas para a análise a ser realizada.

Considerando que as estratégias seriam definidas de acordo com o tipo de habilidade explicitada pelos estudantes, primeiro olhamos para a natureza da habilidade demandada por cada item em particular. Nesse sentido, o item determinaria o tipo de habilidade a ser explicitada. Iniciamos a construção de um sistema categórico composto por dois tipos de categorias: natureza dos itens e habilidades demandadas pelo item.

3.2.1 Natureza dos Itens

Os itens que compunham as duas atividades eram de formato discursivo. Identificamos itens de natureza procedimental e de natureza interpretativa. Nessa perspectiva, as categorias analíticas foram elaboradas com base no item e no tipo de resposta que poderia ser fornecida por cada item. Entendemos como de natureza procedimental aqueles itens que solicitam que o estudante coloque o seu conhecimento em ação para resolvê-lo. Já os itens de natureza interpretativa são aqueles que solicitam do estudante uma interpretação do fenômeno físico observado ou resultado encontrado. Assim, esses itens foram classificados de acordo com o tipo de ação solicitada por cada um: procedimental e interpretativo. O **Quadro 6** apresenta exemplos dos dois tipos de itens.

Quadro 6 – Enunciado do item x descrição do item

ENUNCIADO DO ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM
Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?	Solicita que o estudante coloque seu conhecimento em ação no momento em que realiza a prática experimental.
Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.	Solicita que o estudante utilize os conhecimentos para interpretar o resultado encontrado para a tarefa proposta.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

3.2.2 Habilidades Demandadas pelos Itens

Quando olhamos para o tipo de habilidade demandada por cada item, verificamos que existiam classes de habilidades, qualificando-as em: procedimental e interpretativa. Entretanto, ao analisar os dados percebemos que algumas delas, em virtude do formato do item, só poderiam ser classificadas de maneira dicotômica (explicitou ou não explicitou), enquanto que para as outras,

cujo item era mais aberto, permitiam respostas cujas habilidades poderiam ser explicitadas em níveis de complexidade diferentes. O **Quadro 7**, abaixo, apresenta exemplos de item no formato dicotômico e itens no formato mais aberto.

Quadro 7 – Formato do item x resposta ao item

FORMATO DO ITEM	ENUNCIADO DO ITEM	EXEMPLO DE RESPOSTA
Dicotômico	Determine o valor médio do período ($T_{\text{médio}}$). $T_{\text{médio}} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$ $T_{\text{médio}} =$	“ $T = (2,444 + 2,482 + 2,461 + 2,464)/4$ $T = 9,841/4$ $T = 2,460s$ ” (Estudante 06, 1ED01 ATV)
Mais Aberto	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	“A variação no valor encontrado da gravidade pode ser explicada devido à diferença no tempo de reação para acionar o cronômetro e possível falha no momento de medição do fio de pêndulo.” (Estudante 11, 5821 AIM)

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Consideramos como de formato dicotômico os itens que solicitavam que o estudante mobilizasse ou não um determinado tipo de habilidade, porém o tipo de habilidade específica mobilizada não apresenta diferentes graus de complexidade. Por exemplo, o item citado no **Quadro 7** como dicotômico demanda que o estudante aplique regras matemáticas. Assim, o que é avaliado é se o estudante aplicou ou não a regra matemática. Já o segundo formato de item apresentado “mais aberto”, abarcou aqueles itens que demandavam que o estudante mobilizasse determinadas habilidades específicas, porém a forma como essa habilidade foi explicitada pode ser diferente. Ou seja, o nível em que um estudante mobilizou uma determinada habilidade específica pode ser em maior ou menor grau de complexidade que a mesma habilidade mobilizada por outro estudante para um mesmo item.

Obtivemos oito categorias de habilidades, sendo que para cada item analisado existia um tipo específico de habilidade. Uma vez elencadas as categorias de habilidades demandadas pelos itens, o Sistema Categórico foi utilizado para analisar as respostas fornecidas pelos estudantes. No entanto, durante o processo de categorização, verificamos que existiam itens que demandavam mais de um tipo de habilidade e que itens diferentes poderiam demandar o mesmo tipo de habilidade. Logo, concluímos que o Sistema Categórico construído não era adequado para a análise dos dados coletados. Assim, esse Sistema Categórico foi submetido a um processo de reelaboração e um novo modelo foi proposto.

No decorrer da construção do segundo Sistema Categórico, avaliamos os itens das atividades para identificar quais fatores que os estudantes consideraram como relevantes no momento da resolução da/o tarefa/desafio. Isso nos deu condição de elaborar um Sistema Categórico que descreve o modo como o estudante coloca o seu conhecimento em ação no momento da resolução da atividade. Essa qualidade é avaliada tendo como base seis categorias: 1) habilidade em executar medidas; 2) habilidade em fazer cálculo de média; 3) habilidade em resolver equações matemáticas; 4) habilidade em aplicar regras matemáticas; 5) habilidade em propor a solução do problema; 6) habilidade de verificar (examinar) a validade da resposta encontrada.

O **Quadro 8**, a seguir, apresenta informações sobre a relação existente entre a natureza do item analisado e a natureza da habilidade demandada pelo item.

Quadro 8 – Item x habilidade demandada

Natureza do item	Habilidade demandada pelo item	Rubrica	Definição
Procedimental	Executar Medidas	EXM	O estudante coletou as medidas adequadamente. Coerência dos números reportados – se eles correspondem a medidas de tempo próximas.
	Fazer Cálculo de médias	FCM	O estudante conseguiu aplicar regra de média aritmética. Executou a média dos tempos de oscilação, aplicando a equação de médias e calculou corretamente a média.
	Resolver Equações Matemáticas	EQM	Identificou a equação a ser usada, usou a ferramenta matemática adequadamente e fez o cálculo solicitado.
	Aplicar Regras Matemáticas	ARM	O estudante tem a capacidade de manipular os algarismos significativos com fins de arredondamento e utilização do SI.
	Propor a Solução do Problema	PSP	O estudante expressa a escolha de uma estratégia para executar a parte procedimental e a parte algébrica (utilizou o processo de automatização de sequência de passos em rotinas).
Interpretativa	Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada	VRE	O estudante compara o valor encontrado com o valor definido teoricamente/identifica e quantifica as fontes de erros de medidas/revisa os passos executados e o resultado calculado.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

As habilidades elencadas serviram para avaliar as respostas dos estudantes na modalidade *checklist*¹⁴. Queríamos verificar se a habilidade estava presente ou não na resposta fornecida pelo estudante para cada item da atividade. Assim, classificamos como 1(um) quando a habilidade estava presente e 0 (zero) quando a habilidade estava ausente.

Para identificar o tipo específico de habilidade demandada pelo item e se existem habilidades que se apresentam em diferentes níveis de complexidade, foram construídas duas escalas: a primeira nos possibilitava olhar para as habilidades demandadas pelos itens de maneira dicotômica. Nesse caso, as respostas dos estudantes a todos os itens das duas atividades seriam avaliadas no intuito de verificar a presença ou não de determinado tipo de habilidade (tem/não tem); a segunda foi construída de acordo com os parâmetros fundamentados na Taxonomia SOLO. Nesse caso, as respostas dos estudantes a todos os itens das duas atividades seriam avaliadas no intuito de verificar se determinado tipo de habilidade se apresentava em diferentes níveis de complexidade.

3.3 Taxonomia SOLO

Para categorizar as habilidades que apresentaram diferentes níveis de complexidade, foi aplicada uma estrutura de complexidade, seguindo os parâmetros estabelecidos pela Taxonomia SOLO, a qual foi desenvolvida pelos autores Biggs e Collis (1980) para categorizar respostas dessa natureza. Assim, usando o Sistema Categórico construído de acordo com os pressupostos estabelecidos por essa Taxonomia, foi possível olhar para a estrutura das respostas fornecidas pelos estudantes em relação ao nível de complexidade apresentado por cada habilidade em particular, classificando-os em cinco níveis: 1) pré-estrutural; 2) uniestrutural; 3) multiestrutural; 4) relacional; 5) e abstrato estendido. Cada um desses níveis corresponde a um determinado modo de pensamento. A mudança entre os níveis não implica na mudança dos modos de pensamento do sujeito, todavia essas mudanças ocorrem em domínios específicos de conhecimentos e nos respectivos níveis hierárquicos de complexidade.

O **Quadro 9**, abaixo, apresenta um recorte do Sistema Categórico elaborado para analisar as respostas discursivas nas quais as habilidades demandadas pelos itens apresentaram níveis de complexidade de acordo com os parâmetros definidos pela Taxonomia SOLO:

¹⁴ Lista de verificação (tradução).

Quadro 9 – Sistema Categórico construído a partir da Taxonomia SOLO

Natureza da atividade	Enunciado do item	Natureza do item	Tipo de habilidade demandada pelo item	Níveis categóricos das habilidades demandadas pelos itens de acordo com a Taxonomia SOLO
Tradicional	Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.	Interpretativa	Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)	(U) O estudante reconhece (escreve) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} encontrado empiricamente e o valor de \vec{g} definido teoricamente/escreve que os valores são iguais ou equivalentes. (M) O estudante reconhece (escreve) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} encontrado empiricamente e o valor de \vec{g} definido teoricamente e cita elementos que possam justificar esta diferença estando incorretos ou equivocados; (R) O estudante reconhece (escreve) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} encontrado empiricamente e o valor de \vec{g} definido teoricamente e escreve como estes elementos se relacionam para provocar a diferença (causalidade).
Investigativa	Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?	Procedimental	Propor a Solução do Problema (PSP)	(U) O estudante escreve que utilizou os recursos disponíveis (kit experimental/simulador); (M) O estudante escreve que fez a parte procedimental (não descreve) e diz quais grandezas observou citando ou não os respectivos valores; (R) O estudante escreve uma descrição da parte procedimental executada, citando as grandezas observadas e seus respectivos valores.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Considerando que todas as respostas fornecidas pelos estudantes às duas atividades construídas para essa pesquisa possuíam formato discursivo, foi feita uma avaliação dessas respostas tentando identificar o nível de complexidade do pensamento de cada estudante. Uma habilidade pode apresentar diferentes níveis de complexidade. Por exemplo, quando solicitado a redigir o modo como determinado desafio foi resolvido, o estudante pode simplesmente dizer que fez uso de um *kit* experimental ou simulação computacional, como também pode fornecer uma descrição pormenorizada dos procedimentos adotados, grandezas observadas e seus respectivos valores.

3.4 Classificação de Acordo com os Sistemas Categóricos

Para melhor compreendermos a aplicação dos critérios de categorização, os **Quadros 10 e 11**, a seguir, trazem exemplos de respostas fornecidas pelos estudantes à/ao tarefa/desafio. No **Quadro 10** são apresentados exemplos de respostas que foram categorizadas utilizando o Sistema Categórico elaborado para identificar as habilidades de natureza dicotômica.

Quadro 10 – Exemplos de respostas categorizadas para identificar habilidades de maneira dicotômica

Natureza da atividade	Natureza do item	Resposta do estudante	Tipo de habilidade explicitada pelo estudante
Tradicional	Procedimental	“ $g=4.(3,1416)^2 \cdot 0,3/1,1^2$ $g= 4.9,8696.0,3/1,2$ $g=9,8696m/s^2$.” (Estudante 06; Turma 6812 ATM)	EQM
	Interpretativa	“ $9,8700-9,8070 = 0,0630$. O resultado foi próximo ao esperado devido a margem de erro.” (Estudante 35; Turma 1821 ATV)	VRE
Investigativa	Procedimental	“Colocando o comprimento do fio até o centro do pêndulo como 0,25 m. O período foi como 5 oscilações, ou seja, um período teve 1,026 s. Depois, colocado na fórmula para encontrar. $L=25cm=0,25m$; $T=5,13/5=1,026s$ $1,026=2\pi\sqrt{0,25/g} \rightarrow 1,026\sqrt{g}=2\pi \cdot 0,5 \rightarrow \sqrt{g}=2\pi \cdot 0,5/1,026$ $\rightarrow \sqrt{g}=\pi/1,026 \rightarrow g=9,8596/1,053 \rightarrow g=9,4m/s^2$.” (Estudante 31; Turma 5821 AIM)	PSP
	Interpretativa	“Um pequeno erro de medição ou até mesmo nas aproximações que foram realizadas de cálculo.” (Estudante 04; Turma 6813 AIV)	VRE

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

O **Quadro 11**, a seguir, apresenta exemplos de respostas que foram categorizadas utilizando o Sistema Categórico elaborado para analisar as respostas discursivas, nas quais as habilidades inferidas nas respostas dos estudantes apresentaram níveis de complexidade, de acordo com os parâmetros definidos pela Taxonomia SOLO.

Quadro 11 – Exemplos de respostas categorizadas segundo a SOLO

Natureza da atividade	Natureza do item	Resposta do estudante	Tipo de habilidade explicitada pelo estudante	Nível em que a habilidade se apresenta
Tradicional	Procedimental	“ $g=4.(3,1416)^2 \cdot 0,3/1,1^2$ $g= 4.9,8696.0,3/1,2$ $g=9,8696m/s^2$.” (Estudante 06; Turma 6812 ATM)	EQM	R
	Interpretativa	“9,8700-9,8070 = 0,0630 O resultado foi próximo ao esperado devido a margem de erro.” (Estudante 35; Turma 1821 ATV)	VRE	R
Investigativa	Procedimental	“Colocando o comprimento do fio até o centro do pêndulo como 0,25m. O período foi como 5 oscilações, ou seja, um período teve 1,026s. Depois, colocado na formula para encontrar. $L=25cm=0,25m$; $T=5,13/5=1,026s$ $1,026=2\pi\sqrt{0,25/g} \rightarrow 1,026\sqrt{g}=2\pi \cdot 0,5$ $\rightarrow \sqrt{g}=2\pi \cdot 0,5/1,026 \rightarrow \sqrt{g}=\pi/1,026 \rightarrow$ $g=9,8596/1,053 \rightarrow g=9,4m/s^2$.” (Estudante 31; Turma 5821 AIM)	PSP	R
	Interpretativa	“Um pequeno erro de medição ou até mesmo nas aproximações que foram realizadas de cálculo.” (Estudante 04; Turma 6813 AIV)	VRE	R

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

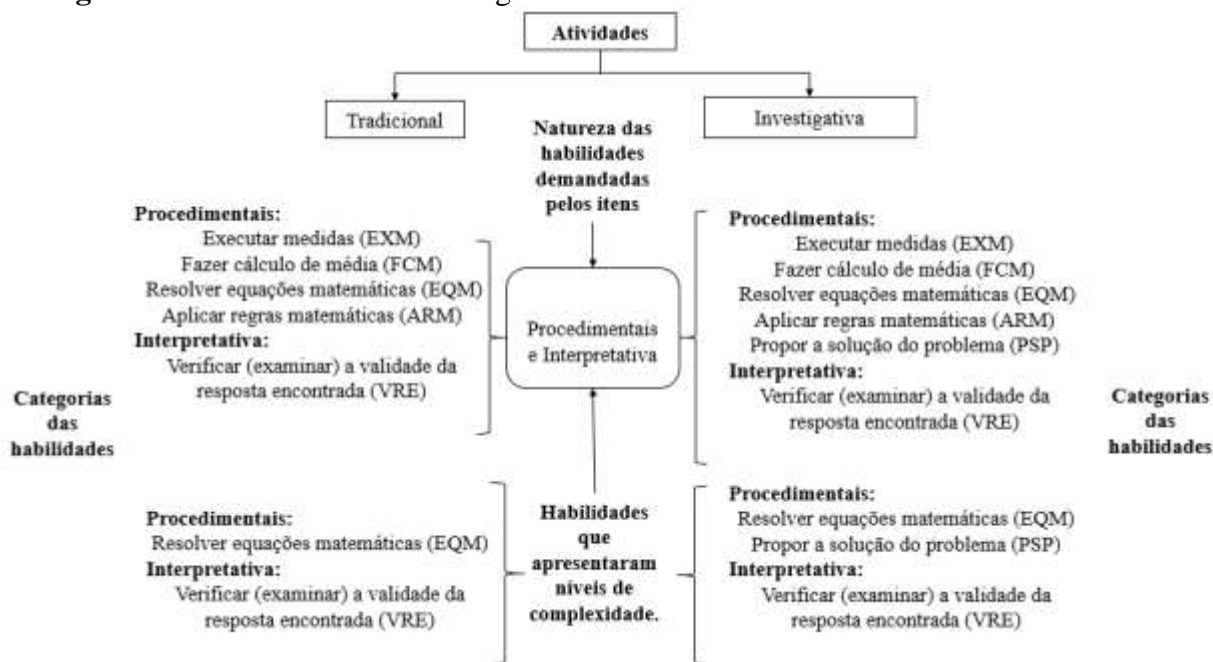
Observando os **Quadros 10 e 11**, é possível verificar que tanto a atividade de natureza tradicional como a de natureza investigativa promoveram nos estudantes a mobilização de habilidades do tipo procedimental e interpretativa. Outro aspecto importante a ser observado é que existiram habilidades do tipo procedimental e do tipo interpretativa que apresentaram diferentes níveis de explicitação.

3.5 Análise de Frequências e Testes de Diferença de Média

Inicialmente, fizemos uma avaliação das respostas fornecidas à/ao tarefa/desafio proposto, um total de 237 relatórios disponíveis, utilizando o primeiro Sistema Categórico construído. Verificamos, item por item, se o estudante tinha explicitado o tipo de habilidade esperada ou não. Se o estudante tinha explicitado a habilidade, atribuímos o valor 1 (um), se não, 0 (zero). Feita a análise das habilidades de maneira dicotômica, procedemos a olhar quais os itens cujas respostas as habilidades inferidas nas respostas dos estudantes poderiam apresentar diferentes níveis de complexidade.

Usando o segundo Sistema Categórico, construído para essa pesquisa, identificamos o nível de complexidade apresentado por cada uma das habilidades encontradas. Desse modo, foi possível não só identificar o tipo de habilidade explicitada pelo estudante durante a resolução do desafio, como também identificar quais habilidades apresentavam diferentes níveis de complexidade e em que nível de complexidade o estudante explicitou essa habilidade. A **Figura 9**, a seguir, apresenta o modelo de habilidades que foi utilizado.

Figura 9 – Modelo de habilidades gerais



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Realizado o processo de categorização, obtivemos duas tabelas de dados: uma com dados dicotômicos e outra com dados politômicos.

Para analisar esses dados, utilizamos métodos da Estatística Descritiva. Nossa intenção foi verificar as medidas de tendência central apresentadas pelos dados em análise. Para isso, foi calculado o valor médio de cada uma das categorias das habilidades identificadas.

Nesses primeiros capítulos do trabalho – Motivação, Organização da Tese, Apresentação da Pesquisa, Introdução, Referencial Teórico e Metodologia – apresentei os elementos que justificam o desenvolvimento desse trabalho bem como a escolha do conteúdo a ser considerado, fundamentação teórica do estudo, objetivos, relevância, delineamento metodológico do estudo e uma descrição geral do que versam os quatro artigos construídos.

Os artigos construídos se constituem em estudos empíricos, cujos resultados são relatados nos próprios artigos. Ao final de cada artigo apresento as limitações e implicações para o campo científico.

No primeiro artigo, trago um estudo sobre as habilidades explicitadas pelos estudantes, para investigar as estratégias empregadas por eles ao resolverem uma prática experimental sobre Pêndulo Simples apresentada de natureza tradicional e de natureza investigativa.

No segundo artigo, trago um estudo sobre as habilidades explicitadas pelos estudantes para investigar as estratégias empregadas por eles ao resolverem atividades investigativas e tradicionais sobre Pêndulo Simples quando aplicadas em dois ambientes distintos: material e virtual.

No terceiro artigo, trago um estudo sobre o nível das habilidades explicitadas pelos estudantes, empregando a Taxonomia SOLO, para investigar as estratégias empregadas por eles ao resolverem atividades investigativas e tradicionais sobre Pêndulo Simples quando aplicadas em dois ambientes distintos: material e virtual.

Por fim, no quarto artigo, trago um estudo exploratório sobre possíveis preditores amostrais que podem ter influenciado nas estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre Pêndulo Simples.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, London, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, 2008.
- ADAMS, R. J. Reliability as a measurement design effect. **Studies in Educational Evaluation**, [S. l.], v. 31, p. 162-172, 2005.
- AHRENSMEIER, D. A practical application of Physics Education Research-informed teaching interventions in a first-year physics service course. **Journal of Technical Education**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2013.
- AMANTES, A. **O entendimento de estudantes do ensino médio sobre movimento relativo e referencial inercial**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- AMANTES, A. **Contextualização no ensino de física: efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes**. 2009. 275 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- AMANTES, A.; BORGES, O. Identificando fatores que influenciam a aprendizagem a partir da análise do contexto de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 273-296, ago. 2011.
- AMANTES, A.; OLIVEIRA, E. A. G. A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, [on-line], v. 14, p. 61-79, 2012.
- ARIANI, D.; SAPTANINGRUM, E.; SISWANTO, J. Scientific Skills Assessment Instrument on Physics Learning Based Inquiry. **Journal of Physics Learning**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 109-117, 2016.
- ARIAS, H.; LAZO, L.; CAÑAS, F. Experimental activities in the laboratory of analytical chemistry under an inquiry approach. **Journal of the Chilean Chemical Society**, Concepción, Chile, v. 59, n. 4, p. 2747-2752, 2014.
- BARBOSA, J. C. Formatos insubordinados de dissertações e teses na educação matemática. *In*: D'AMBRÓSIO, B. S.; LOPES, C. E. (org.). **Vertentes da subversão na produção científica em educação matemática**. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2015. 1. v. pp. 347-367.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy**. New York: Academic Press, 1982.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BORRACHERO, A. *et al.* Improving the self-regulation in prospective science teachers: the case of the calculus of the period of a simple pendulum. **Heliyon**, [online], v. 4, n. 12, e02827, 2019.

BRAGA, M. Realidade virtual e educação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.1, n.1, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, **Diário Oficial da União**, 12 dez. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana. Brasília, **Diário Oficial da União**, 07 abr. 2016.

BULAN, S. N.; MAHARTA, N.; ERTIKANTO, C. Pengaruh kemampuan inkuiri terhadap hasil belajar fisika berbantuan virtual laboratory. **Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Lampung**, Unila, Indonesia, v. 3, n. 3, 2015.

BUTLER, L.; COLEONI, E. Solving problems to learn concepts, how does it happen? A Case for Buoyancy. **Physical Review Physics Education Research**, USA, v. 12, n. 2, p. 020144. 2016.

CAI, J.; LESTER, F. **Why is teaching with problem solving important to student learning?** Reston-VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2010.

CARVALHO, A. M. P. (coord.). **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: Feusp, 1999.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. *In*: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Calor e temperatura: Um ensino por investigação**. 1.. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

CASTRO, F. R. **A evolução das habilidades cognitivas de raciocínio lógico em tecnologia da informação**. 2017. 281 f. Tese (Doutorado m Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.

COELHO, G. R. **A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: um estudo longitudinal**. 2011. 173 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2011.

COSTA, W. N. G. Dissertações e teses multipaper: uma breve revisão bibliográfica. *In: Anais do VIII Seminário Sul-Mato-Grossense de Pesquisa em Educação Matemática*, Campo Grande, v. 8, n. 1, 2014.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. Porto Alegre: Penso, 2014.

DA SILVEIRA, F. L. **Determinando a aceleração gravitacional**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Determinando_g.pdf. Acesso em: 25 jun. 2022.

DAWSON, T. L. Assessing intellectual development: Three approaches, one sequence. **Journal of Adult Development**, Switzerland, v. 11, 71-85, 2004.

DAWSON, T. L. Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. *In: LIU, X.; BOONE, W. (eds.). Applications of Rasch measurement in science education*. Maple Grove, MN: JAM Press, 2006. pp. 11-136.

BATISTA, J. de O.; MOCROSKY, L. F.; MONDINI, F. Sujeito e objeto na produção do conhecimento científico. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 44-59, 2017.

DELIZOICOV, D. O Laboratório didático de física no ensino superior: contrastes e transformações. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5., 2005, Bauru, São Paulo. **Atas [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2005. 1 CD-ROM.

DUKE, N. K; BECK S. W. Education Should Consider Alternative Formats for the Dissertation. **Educational Researcher**, Washington, DC, v. 28, n. 3, p. 31-36, 1999.

DVORNIKOVA T. A.; KOSTROMINA S. N. Diagnostics of degree of students' educational strategies formation. **Vestnik of Saint-Petersburg University**, Russian, n. 1, p. 321-331. 2009. Series 12. Psychology. Sociology. Education.

ELAWADY, Y. H.; TOLBA, A. S. Educational objectives of different laboratory types: A comparative study. **Revista Internacional de Ciência da Computação e Segurança da Informação**, EUA, v. 6, n. 2, p. 089-096, nov. 2009. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/0912.0932>. Acesso em: 25 jun. 2022.

FAOUR, M. A.; AYOUBI, Z. The effect of using virtual laboratory on grade 10 students' conceptual understanding and their attitudes towards physics. **Journal of Education in Science, Environment and Health**, [on-line], v. 4, n. 1, p. 54-68, 2018.

FERNANDES, N. B. **O jogo de tabuleiro Matgomoku para o ensino de função polinomial do 1º grau: limites e potencialidades.** 2020. 251 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2020.

FIGUEIREDO, H.; BRASIL, P. Fundamentos pedagógicos para o uso de simulações e laboratórios virtuais no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 75-103, abr. 2017.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira Ensino Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 35-45, set. 2003.

FISCHER, K. W. Dynamic cycles of cognitive and brain development: Measuring growth in mind, brain, and education. *In*: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W.; LÉNA, P. J. (eds.). **The educated brain: Essays in neuroeducation.** Cambridge: Cambridge University Press, 2008 pp. 127-150.

FISCHER, K. W. A theory of cognitive development: the control and construction of hierarchies of skills. **Psychological Review**, Washington, DC, v. 87, p. 477-531, 1980.

FRADE, C. **Componentes tácitos e explícitos do conhecimento matemático de áreas e medidas.** 2003. 249 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

GAULD, C. The Treatment of cycloidal pendulum motion in newton's principia. **Principia: Science Education**, Switzerland, v. 13, p. 663-673, 2004.

GOUW, A. M. S.; FRANZOLIN, F.; FEJES, M. E. Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 2 p. 439-454, 2013.

GUNAWAN, G. *et al.* Virtual laboratory of electricity concept to improve prospective physics teachers creativity. **Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia**, Indonésia, v. 13, p. 102-111, 2017.

GUNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HATTIE, J. A. C.; BROWN, G. T. L. Cognitive processes in asTTle: the SOLO taxonomy. **As TTle Technical Report**, University of Auckland/Ministry of Education, n. 43, set. 2004.

HERGA, R. N.; DINEVSKI, D. Using a Virtual Laboratory to Better Understand Chemistry: an Experimental Study on Acquiring Knowledge. **Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces**, ITI, p. 237-242, 2012.

HODSON, D. A critical look at practical work in school science. **School Science Review**, [S. l.], v. 71, p. 33-40, 1990.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. **Teaching and learning about science**: language, theories, methods, history, traditions and values. The Netherlands: Sense, 2009.

HOFSTEIN, A.; KIPNIS, M.; KIND, P. Learning in and from science laboratories: Enhancing students meta-cognition and argumentation skills. *In*: PETROSELLI, C. L. (ed.). **Science education issues and developments**. London: Nova Science, 2008. pp. 59-94.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, [on-line], v. 88, n. 1, p. 28-54, 2003.

HOHENFELD, D. P. **A natureza quântica da luz nos laboratórios didáticos convencionais e computacionais no ensino médio**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss de sinônimos e antônimos**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2017.

JUSKAITE, L. The impact of the virtual laboratory on the physics learning process. Society. Integration. *In*: International Scientific Conference, Society Integration Education, **Proceedings of the International Scientific Conference**, Rēzekne, Latvija, 5., 2013.

KANARI, Z.; MILLAR, R. Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 41, n. 7, p. 748-769, 2004.

LEAL, A. J.; SEPEL, M. N. A. Inclusão digital no ensino de ciências: analisando laboratórios virtuais de aprendizagem. **#Tear: Revista de Educação, Ciências e Tecnologia**, Canoas, v. 6, n.1, 2017.

LEITE, J. C.; RODRIGUES, M. M.; MAGALHÃES, C. A. O. Ensino de Ciências por Investigação na visão de professores de Ciências em um contexto de forma continuada. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 42-56, 2015.

LIU, D. *et al.* Integration of virtual labs into science e-learning. *In*: **International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education**, Mountain View, CA, 2015.

MALHEIRO, J. M. S. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 108-127, jul./dez. 2016.

MARTÍNEZ-PÉREZ, J. E. Obtención del valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio de física. Experiencia comparativa del sensor de un teléfono celular inteligente y el péndulo simple. **Revista Eureka**, [S. l.], v. 12, p. 341-346. 2015.

MATTHEWS, M. R. Galileo and pendulum motion: a case for history and philosophy in the science classroom. **Research in Science Education**, Switzerland, v. 18, p. 187-197, 1989.

MATTHEWS, M. R. **Time for science education**: how teaching the history and philosophy of pendulum motion can contribute to science education. New York: Kluwer A. P., 2000.

MATTHEWS, M. R. How pendulum studies can promote knowledge of the nature of science. **Journal of Science Education and Technology**, Switzerland, v. 10, n. 4, p. 359-368, 2001.

MATTHEWS, M.; GAULD, C.; STINNER, A. The Pendulum: its place in science, culture and pedagogy. **Science & Education**, [S. l.], v. 1, p. 261-277, July 2004.

MILLAR, R. **The role of practical work in the teaching and learning of science, high school science laboratories**: role and vision. Washington, DC, USA: National Academy of Sciences, 2004.

MILLAR, R. Practical work. *In*: OSBORNE, J.; DILLON, J. (eds.). **Good practice in science teaching**: What research has to say. 2nd ed. Maidenhead: Open University Press, 2010.

MOEED, A. **Science investigation in New Zealand secondary schools**: Exploring the links between learning, motivation and internal assessment in year 11 (PhD Thesis). New Zealand: Victoria University of Wellington, 2010.

MOREIRA, A. F.; GUIMARÃES, A. R. O caráter verificacionista (?) do laboratório estruturado. *In*: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, Santa Catarina, p. 1-8, 2007.

MUTTI, G. de S.; KLÜBER, T. E. Formato multipaper nos programas de pós-graduação stricto sensu brasileiros das áreas de educação e ensino: um panorama. *In*: **V Seminário de Pesquisa e Estudos Qualitativos**, Foz do Iguaçu, 30 e 31 de maio de 2018. Tema: Pesquisa Qualitativa na Educação e nas Ciências em Debate.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Knowledge and Skills for Life**: First results from PISA 2000. 2001. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/education/knowledge-and-skills-for-life_9789264195905-en. Acesso em: 8 jun. 2020

PAGNOSSIN, I. R. *et al.* Objetos de aprendizagem interativos: participação e desempenho de estudantes de ciências. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 362-380, maio/ago. 2014.

PALMIERI, P. Galileo's construction of idealized fall in the void. **History of Science**, [on-line], v. 43, n. 4, p. 343-389, 2005.

PARK, M. Students' problem-solving strategies in qualitative physics questions in a simulation-based formative assessment. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, Switzerland, v. 2, n. 1, 2020.

PARZIALLE, J.; FISCHER, K. The practical use of skill theory in Classrooms. *In*: STERNBERG, R. J.; WILLIAMS W. M. (ed.). **Intelligence, Instruction, and Assessment: theory into practice**. Mahwah-New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. pp. 95-110.

PASQUALI, L. Psicometria. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v. 43, p. 992-999, 2009.

PERKINS, D. Teaching for Understanding. **The Professional Journal of the American Federation of Teachers**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 8-28, 1993.

PORTO, S. C. C. **Laboratório virtual x laboratório material**: Investigando a natureza do entendimento construído em dois ambientes de aprendizagem. 2015. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

POTKONJAK, V. *et al.* Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering. **Journal Computer & Education**, [S. l.], v. 95, p. 309-327, 2016.

PRIBERAM. **Dicionário online**. Disponível em: <http://www.priberam.pt>. Acesso em: 18 jun. 2019.

RAYMUNDO, V. P. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 44, n. 3, p. 86-93, jul.-set. 2009.

REGEBE, F.; AMANTES, A. Habilidades x entendimento de conceitos abstratos relacionados ao raciocínio lógico: uma análise preliminar. *In*: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2013, Águas de Lindóia, **Anais do IX EPEF**, São Paulo, 2013.

ROBERTS, R.; GOTT, R. Assessment of Sc1: Alternatives to coursework? **The School Science Review**, [S. l.], v. 85, n. 131, p. 103-108, 2004.

SASSERON, L. H. Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, p. 1-18, 2021.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v.13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCHWARTZ, M. S.; FISCHER, K. W. Building general knowledge and skill: cognition and microdevelopment in science learning. *In*: DEMETRIOU, A.; RAFTOPOULOS, A. **Cognitive developmental change: Theories, models, and measurement**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. p. 157-185.

SÈRÉ, M.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, p.31-43, nov. 2004. N. Especial.

SHARMA, M. D. *et al.* Student evaluation of research projects in a first-year physics laboratory. **European Journal of Physics**, [on-line], v. 3, n. 2, e-025004, 2014.

SNĚTINOVÁ, M.; KÁCOVSKÝ, P.; MACHALICKÁ J. Hands-On experiments in the interactive physics laboratory: students' intrinsic motivation and understanding. **Center for Educational Policy Studies Journal**, [S. l.], v. 8, n. 1, p 55-75, 2018.

SOKOLOFF, D. R.; LAWS, P. W.; THORNTON, R. K. Real Time Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. **European Journal of Physics**, [on-line], v. 28, n. 3, April 2007.

SPEARS, J.; ZOLLMAN, D. A. The Influence of Structured Versus Unstructured Laboratory on Students' Understanding the Process of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, [S. l.], v. 14, p. 33-38, 1977.

SUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SUDARMANI, S.; PUJIANTO, P.; ROSANA, D. Lesson Learned : Student's procedural and conceptual knowledge. **Journal of Physics: Conference Series**, [S. l.], v. 1097, 2018

UNDERWOOD, S. M. *et al.* Adapting assessment tasks to support three-dimensional learning. **Journal of Chemical Education**, Washington, DC, v. 95, p. 207-217, 2018.

WEINSTEIN, C.F.; MAYER, R. F. **The teaching of learning strategies**: handbook of Research on Teaching. New York: Ed. by M. C. Wittrock, 1986.

WIEMAN, C.; HOLMES, N. G. Measuring the impact of an instructional laboratory on the learning of introductory physics. **American Journal of Physics**, [on-line], v. 83, n. 11, p. 972-978, 2015.

WOOLNOUGH, B. E.; ALLSOP, T. **Practical work in science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

WYKROTA, J. **Aspectos emocionais de procedimentos de ensino de professores do ensino médio**. 2007. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007

XAVIER, A. P. **Laboratório virtual versus laboratório material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. 2018. 221 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

ZWICKL, B. M.; FINKELSTEIN, N.; LEWANDOWSKI, H. J. Incorporating learning goals about modeling into an upper-division physics laboratory experiment. **American Journal of Physics**, [on-line], v. 82, n. 876, 2014.

CAPÍTULO 1: MAPEAMENTO DE HABILIDADES DOS ESTUDANTES EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS SOBRE PÊNDULO SIMPLES

Mapping of students' skills in traditional and investigative activities on simple pendulum

Silvia Carla Cerqueira Porto, Amanda Amantes

Resumo

O objetivo desse artigo foi investigar quais as estratégias utilizadas pelos estudantes ao realizarem uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, quando apresentada de natureza tradicional (tarefas) e investigativa (desafios). Essa prática experimental solicitou que os estudantes utilizassem conhecimento conceitual e procedimental. Os resultados da análise dos dados obtidos (respostas dos estudantes) mostraram que os estudantes utilizaram dois tipos distintos de habilidades: procedimental e interpretativa. Verificamos que a habilidade procedimental para a amostra geral de respondentes é significativamente diferente da habilidade interpretativa, sendo mais contemplada essa última. Procedendo com a análise geral, foram identificados quatro tipos específicos de habilidades procedimentais: Executar Medidas (**EXM**), Fazer Cálculo de Médias (**FCM**), Aplicar Regras Matemáticas (**ARM**) e Resolver Equações Matemáticas (**EQM**) e um tipo de habilidade interpretativa: Verificar a Resposta Encontrada (**VRE**). A habilidade procedimental: Propor a Solução do Problema (**PSP**) não foi englobada na amostra geral por ser específica da atividade investigativa. Quando foi realizada a análise de acordo com a natureza da atividade respondida (tradicional/investigativa), identificamos que a atividade tradicional demandou habilidades do tipo procedimental e interpretativa de maneira equilibrada. Já a atividade investigativa demandou mais a mobilização das habilidades procedimentais **EQM** e **EXM** e a habilidade interpretativa **VRE**.

Palavras-chave: habilidades; atividades tradicionais; atividades investigativas.

Abstract

The aim of this article was to investigate the strategies used by students when they execute an experimental practice about the content of Simple Pendulum, when presented of a traditional (tasks) and investigative (challenges) nature. This experimental practice asked students to use conceptual and procedural knowledge. The results of the analysis of the data obtained (students' answers) showed that the students used two distinct types of skills: procedural and interpretative. We verified that the procedural ability for the general sample of respondents is significantly different from the interpretive ability, however, the last one is more contemplated. Proceeding with the general analysis, four specific types of procedural skills: Execute Measures (**EXM**), Do Average Calculation (**FCM**), Apply Mathematical Rules (**ARM**) and Solve Mathematical Equations (**EQM**) and a type of interpretative skill: Verify the Answer Found (**VRE**) were identified. The procedural ability: Propose a Solution to the Problem (**PSP**), was not included in the general sample, because it is specific to the investigative activity. When the analysis was performed according to the nature of the activity answered (traditional/investigative), we

identified that the traditional activity required procedural and interpretive skills in a balanced way. On the other hand, the investigative activity required more the mobilization of the procedural skills **EQM** and **EXM** and the interpretive ability **VRE**.

Keywords: skills; traditional activities; investigative activities.

Introdução

Borges (2002) destaca que a qualidade do ensino de Ciência oferecido pelas instituições educacionais tem sido tema recorrente de debates, sendo que o método de ensino tradicional tem sido questionado quanto à sua real eficácia. Os resultados apresentados pelo PISA¹⁵ (OECD, 2001) mostraram que a inoperância no processo de ensino perpassa ao ramo das ciências, abrangendo outras áreas do conhecimento.

Falando em particular do ensino de Física, apesar de ser um ramo da Ciência que está presente em nosso dia a dia e seus princípios presenciados cotidianamente, é uma das matérias que, no contexto escolar, os estudantes sentem mais dificuldades (BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018). Assim, a inserção de práticas experimentais no planejamento das aulas de Física tem sido uma técnica recorrente utilizada pelos professores da escola básica (CHAVES; HUNSCHE, 2014).

Nessa perspectiva, os estudos apontam sistematicamente que a inserção de aulas de laboratório facilita a aprendizagem de conteúdos abstratos da Física (JOKIRANTA, 2014; WINKELMANN; ERB, 2016; SHANA; ABULIBDEH, 2020). Para isso, conforme enfatizado por Millar (2004), uma prática experimental só contribuirá com o processo de aprendizagem se suscitar nos estudantes o processo conjunto de ação e reflexão.

Em relação ao potencial das práticas experimentais para aprendizagem de conceitos físicos, há uma falta de trabalhos que investiguem quais tipos de habilidades são desenvolvidas nesses ambientes e se, de fato, contribuem para a construção de um conhecimento mais formal científico.

Muito tem se discutido sobre a eficácia de diferentes tipos de abordagens em práticas experimentais que otimizam o processo de aprendizagem. As atividades tradicionais são citadas na literatura como limitantes para levar o estudante a pensar ativamente, uma vez que os procedimentos a serem executados são previamente elencados, o que dificulta a compreensão do

¹⁵ *Programme for International Student Assessment/ Programa Internacional de Avaliação de Alunos (tradução).*

fenômeno físico observado (SPEARS; ZOLLMAN, 1977; DELIZOICOV, 2005). As atividades investigativas, por outro lado, têm sido aquelas que, além de mobilizarem o uso de habilidades procedimentais – algo que a atividade tradicional também faz –, conseguem incentivar o estudante a refletir sobre o fenômeno observado, sendo que o estudante irá participar ativamente das etapas do processo de resolução do desafio (MILLAR, 2010; CARVALHO, 2013; GOUW; FRANZOLIN; FEJES, 2013).

Contudo, há de se considerar que qualquer prática promoverá aprendizagem, dimensionada de forma diferente a depender de seu *design* e de seu objetivo. Nesse sentido, é mais relevante entender o que as abordagens tradicionais e investigativas favorecem do que contrapô-las como antagônicas. Isso porque habilidades diferentes podem ser contempladas em cada um desses procedimentos de ensino.

No sentido de contribuir para a discussão sobre a diversidade de aprendizagens em ambientes de práticas experimentais, o presente trabalho investiga quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, quando apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafio). Foram elaboradas duas questões nesse estudo: 1) “Qual o perfil geral de habilidades dos estudantes ao resolverem a prática experimental sobre o cálculo da gravidade?”; 2) “Qual o perfil de habilidades dos estudantes ao resolverem a prática experimental quando apresentada de natureza tradicional e de natureza investigativa?”.

Entendemos que os estudantes, para resolverem as atividades propostas (tradicional e investigativa), precisarão utilizar habilidades que devem estar devidamente articuladas e estruturadas dentro de uma concepção de estratégias de aprendizagem (WEINSTEIN; MAYER, 1986). Nessa perspectiva, as habilidades utilizadas por eles são fundamentais no processo de resolução das atividades, uma vez que se referem às ações organizadas por cada um. Essas ações fazem parte do complexo de aprendizagem de cada estudante em particular (OWEN, 1997; DVORNIKOVA; KOSTROMINA, 2009).

Atividade Tradicional x Atividade Investigativa

Muitas disciplinas de Física são comumente ministradas com base na crença de que o estudante terá o entendimento dos conteúdos abordados através da explanação oral dos

professores, realizando práticas experimentais com atividades tradicionais, resolvendo atividades que estão no livro didático ou entregue por meio de listas de exercícios (AHRENSMEIER, 2013). Pesquisas como as desenvolvidas por Meltzer e Thornton (2012) têm mostrado que essa crença não é fundamentada, visto que é verificado haver maior aprendizagem quando os estudantes descobrem as coisas por si só e se envolvem em atividades que solicitam que eles expressem seu raciocínio de maneira explícita.

O laboratório que utiliza atividades tradicionais, considerado o mais comum, tem contribuído muito para que os estudantes desenvolvam habilidades procedimentais por meio da manipulação do aparato experimental (SHARMA *et al.*, 2014). Entretanto, esse tipo de atividade, apesar de ter surgido com o intuito de complementar o laboratório demonstrativo (MILLAR, 2010), tem contribuído muito pouco para que os estudantes desenvolvam o raciocínio lógico durante a realização de uma prática experimental, pois as ações dos estudantes estão em coletar dados, realizar cálculos e plotar gráficos de resultados (HOFSTEIN; KIPNIS; KIND, 2008).

Considerando que o laboratório que utiliza atividades tradicionais tem apresentado como principal limitação o não envolvimento dos estudantes em práticas experimentais que solicitem o raciocínio lógico, é necessário um olhar no sentido de trabalhar com atividades que requeiram que os estudantes utilizem habilidades experimentais e analíticas, além de promover o aprendizado conceitual (HANIF; SNEDDON; REID, 2008).

Nessas circunstâncias é que a inserção de atividades investigativas no contexto escolar mostra-se promissor. Carvalho (2018, p. 3), chama à atenção para o papel que o professor deve assumir no momento da elaboração dessas atividades: “... a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema”.

Assim, nessa perspectiva de ensino com utilização de atividades investigativas, o professor assumirá o papel de interlocutor do processo de aprendizagem, o qual utiliza diversos meios para despertar diversas ações dos estudantes como a capacidade de: interpretar, discutir, argumentar e questionar dos estudantes (COELHO; AMBRÓZIO, 2019).

No que se refere em particular ao ensino no ambiente de laboratório de Física, o professor deve ajudar o estudante a aplicar seus conhecimentos teóricos e habilidades à realização de práticas experimentais. Esse auxílio fornecido pelo professor deve compreender desde o planejamento de execução da prática até a análise e discussão dos resultados encontrados. Desse

modo, espera-se que os estudantes não só realizarão a prática experimental como também conseguirão descrever os procedimentos adotados e interpretar os resultados obtidos (GOUW; FRANZOLIN; FEJES, 2013).

Para Sasseron (2015), a atividade investigativa tem o papel de mobilizar o estudante de uma postura passiva para uma postura ativa, permitindo que ele participe do seu processo de aprendizagem, agindo sobre o objeto de estudo e elaborando uma explicação causal para os resultados obtidos. Logo, pelo fato da mediação pedagógica do professor nesse processo de aprendizagem, ele terá condições de promover diferentes estratégias investigativas em sua prática enquanto educador, considerando que cada turma de estudante terá um perfil específico. Consequentemente, cabe ao professor atentar não só para as questões conceituais como também às questões relacionadas a aspectos metodológicos (LEITE; RODRIGUES; MAGALHÃES, 2015).

Habilidades no Laboratório

A Física, enquanto Ciência da Natureza, abarca o estudo dos comportamentos e relações estabelecidas entre conceitos e fenômenos naturais. Muitas das relações estabelecidas só são percebidas pelos estudantes através da realização de práticas experimentais (BUTELER; COLEONI, 2016). A realização dos experimentos é vista como uma importante ferramenta pedagógica para ajudar os estudantes a desenvolverem a compreensão científica dos fenômenos físicos observados (BORGES, 2002).

As práticas experimentais ainda são encaradas como essenciais para promover o desenvolvimento das habilidades dos estudantes, uma vez que o objetivo desse tipo de atividade é ajudá-los a identificar, definir e explicar as leis e teorias relacionadas com os fenômenos observados. Com isso, os estudantes são levados a utilizar suas habilidades de raciocínio na resolução da atividade (WILCOX; LEWANDOWSKI, 2017).

Em se tratando das habilidades desenvolvidas em decorrência da realização de práticas experimentais, muitas têm sido as discussões sobre qual tipo de laboratório é o mais eficaz para auxiliar o processo de aprendizagem de conteúdos científicos. Nas últimas décadas, pesquisas têm afirmado que o laboratório virtual tem a capacidade de facilitar o processo de ensino e, consequentemente, a aprendizagem dos estudantes (LUCENA, 2013). É verificado que a

utilização do laboratório virtual, no ambiente educacional, tem apresentado um impacto positivo no desenvolvimento das habilidades e na compreensão conceitual dos fenômenos físicos (TAO; GUNSTONE, 1999; RONEN; ELIAHU, 2000; HSU; THOMAS, 2002; HUPPERT; LAZAROWITZ, 2002; ZACHARIA, 2007).

Triona e Klahr (2003) citam algumas vantagens associadas ao uso de laboratórios virtuais: segurança no manuseio de instrumentos perfurocortantes, segurança no manuseio e transporte de materiais inflamáveis, não há riscos de explosões, baixo custo de aquisição a longo prazo, amplificação ou redução das dimensões espaciais e temporais, flexibilidade de uso, rápida apresentação de dados e resultados e, por fim, redução considerável da ocorrência de erros fortuitos, aleatórios e sistemáticos. Apesar das vantagens citadas por esses pesquisadores, há pesquisas como as desenvolvidas por Gunstone e Champagne (1990) e Clarck (1994) que defendem que o uso de laboratórios virtuais podem privar os estudantes de realizarem manipulações concretas (uso de materiais físicos) de alguns domínios da Física. Outros, como Resnick (1998) e Steinberg (2000), argumentam que o método utilizando um laboratório virtual é fundamentalmente diferente do método utilizado pelos cientistas quando da percepção dos fenômenos físicos e que, nesse caso, seria uma mera manipulação e não uma experimentação física propriamente dita. Embora existam pesquisas que apontem limitações impostas pelo uso de laboratórios virtuais, outras mostram que em muitas situações o laboratório material pode ser substituído pelo laboratório virtual (KIRSCHNER; HUISMAN, 1998; FORTE *et al.*, 2008; HOHENFELD; PENIDO, 2009).

O uso de um tipo de laboratório e/ou de outro não deve ocorrer de modo excludente, Hohenfeld (2013) defende a ideia de complementaridade entre os laboratórios material e virtual argumentando que a existência de um dos laboratórios independe da existência do outro e do contexto de ensino. Para ele, a necessidade de completude da compreensão dos fenômenos físicos favorece a existência dos dois modelos para otimizar o processo de ensino-aprendizagem. Tendo bem fundamentada essa visão que um laboratório virtual complementa a atuação de um laboratório material, é interessante considerar quais tipos de habilidades são desenvolvidas em um e em outro para delinear atividades mais relevantes para o aprendizado dos estudantes.

Yager, Englen e Snider (1969), Hofstein (1988) e Omar, Zulkifli e Hassan (2009) apontam algumas limitações que as atividades tradicionais impõem aos estudantes no momento da realização das práticas experimentais, seja no ambiente material ou virtual. Eles definem como

atividades tradicionais aquelas que têm o formato “livro de receitas”. Segundo eles, esse tipo de atividade não contribui significativamente para que os estudantes compreendam os conceitos físicos abordados. Ainda segundo os pesquisadores, atividades dessa natureza não favorecem para que, no momento de realização da prática experimental, os estudantes mobilizem (explícitem) variadas habilidades, sendo que algumas delas poderiam apresentar diferentes graus de complexidade. Mesmo que concordemos, parcialmente, que as atividades tradicionais são limitadas em relação à diversidade de habilidades a serem desenvolvidas, entendemos que elas também irão favorecer a construção de conhecimentos formais que só são passíveis nesse tipo de abordagem. Por isso, é importante para fundamentar de maneira objetiva a discussão sobre os tipos de laboratório, tendo como viés a aprendizagem científica, delimitar o que cada abordagem e metodologia favorece em termos de construção do conhecimento e habilidades desenvolvidas.

Em muitas pesquisas da área, é perceptível uma busca incessante para que o estudante assuma uma posição ativa no processo de construção do seu próprio conhecimento (BORGES, 2002; CARVALHO, 2013; MALHEIROS, 2016; SNÉTINOVÁ *et al.*, 2018). Nessa perspectiva de ensino, a concepção de atividade investigativa pressupõe que o estudante deve se deparar com uma situação problema desafiadora, onde ele precisa tentar solucioná-la tendo o professor como um suporte a ser consultado quando houver real necessidade (SNÉTINOVÁ *et al.*, 2018). De acordo com Gil-Perez *et al.* (2005), um problema desse tipo precisa ser interessante, que não tenha uma resposta imediata, necessitando de um momento de reflexão para a tomada de decisões. Ou seja, a solução não é evidente nem tampouco conhecida, solicitando do estudante uma investigação na busca de uma resposta aceitável.

Nesse sentido, pode-se dizer que as atividades investigativas conduzem o estudante a se posicionar enquanto sujeito ativo no momento da resolução, e a hipótese é de que ela favoreça o desenvolvimento de habilidades de observação, experimentação e discussão, dentre outras. Essa concepção condiz com a defendida por Hodson (1994), onde ele aponta que uma prática experimental deve promover o desenvolvimento conceitual dos estudantes, levando-os a coordenarem suas próprias ideias.

Para Carvalho (2013), a aplicação de uma atividade que meramente limita o estudante a manipular materiais, executar passos previamente definidos pelo professor e testar ou comprovar leis é considerada de baixo caráter cognitivo. Tais atividades terminam por solicitar dos estudantes habilidades cognitivas de baixa complexidade (aprendizado mecânico, resolução de

algoritmos etc.). Nesse sentido, utilizar atividades com outra estrutura e objetivo pode favorecer a ocorrência de processos cognitivos mais complexos. Conseqüentemente, os estudantes podem explicitar habilidades de maior grau de complexidade (elaboração do procedimento experimental, identificação e controle de variáveis, dentre outros), o que demanda um maior engajamento cognitivo para resolvê-las (HOFSTEIN *et al.*, 2005; HALIM, 2016). Assim sendo, o uso de atividades investigativas pode interferir não só na escolha como também no modo como os estudantes utilizarão as habilidades mobilizadas para resolver a atividade proposta (WEINSTEIN; MAYER, 1986).

O desenvolvimento de pesquisas que investigam as estratégias utilizadas pelos estudantes, ao fazerem uso de modo concomitante ou de maneira separada de recursos computacionais e atividades investigativas na Educação Básica, se mostram promissoras por três motivos: o primeiro é que a implementação de recursos computacionais no ambiente educacional se constitui como uma importante ferramenta acessível para os estudantes; o segundo é saber as possibilidades e limitações de abordagens e metodologias no âmbito experimental, o que pode ajudar a melhorar o direcionamento para atender objetivos de aprendizagem específicos (CARVALHO, 2013); o terceiro é que investigações sobre a forma como os estudantes aprendem, ou seja, investigar as estratégias de aprendizagem utilizadas por eles, é considerado um tema relevante na literatura sobre ensino de Física (REIF; LARKIN, 1991; MALONE, 2008).

Xavier (2018, p. 142), após analisar os resultados de intervenções ocorridas nos ambientes material e virtual com o uso de atividades tradicionais e investigativa, não obteve indícios suficientes para investigar as habilidades específicas dos estudantes. Segundo o autor, “... é possível que as intervenções investigativas ou tradicionais levem ao desenvolvimento de outros tipos de habilidades que não foram contemplados nos instrumentos de coleta de dados utilizados.” Dentre algumas das possíveis habilidades a serem investigadas, pode-se citar: pensamento crítico sobre a resolução de problemas, capacidade de elencar possíveis hipóteses para o fenômeno físico observado, argumentar de forma que raciocínios lógicos mais generalizados sejam desenvolvidos, dentre outras. Diante dessa necessidade, esse estudo visa investigar quais as estratégias utilizadas pelos estudantes ao resolverem uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, quando apresentada de maneira tradicional/investigativa.

Método

Sujeitos e contexto

A pesquisa apresentada foi aplicada em dois *campi* de uma escola pública federal. A intervenção com a aplicação da atividade de natureza investigativa contou com a participação de 167 estudantes de 6 (seis) turmas da 1ª e 2ª séries do Ensino Médio Integrado dos cursos de Mecânica, Edificações, Eletrotécnica e Automação. Para o *campus* 1, contamos com a participação de 95 estudantes e no *campus* 2 tivemos a presença de 72 estudantes. Já a atividade de natureza tradicional contou com a participação de 174 estudantes de 5 (cinco) turmas da 1ª série do Ensino Médio Integrado dos cursos de Eletrotécnica, Edificações e Mecânica. No *campus* 1 tivemos a participação de 92 estudantes e no *campus* 2 a participação de 82 estudantes. A escolha dos estudantes foi determinada por conveniência. Um total de 341 estudantes participou da pesquisa.

Design da Pesquisa

Elaboração das atividades tradicional/investigativa

Os instrumentos de pesquisa se constituíram em uma atividade de natureza tradicional (roteiro) e uma atividade de natureza investigativa. O conteúdo reportado nessas atividades foi o de Pêndulo Simples. A atividade de natureza tradicional continha cinco tarefas e a de natureza investigativa continha quatro desafios.

Neste artigo é apresentada a análise de uma tarefa e um desafio. A tarefa e o desafio escolhidos tinham estruturas distintas, no entanto o mesmo objetivo: o cálculo da aceleração da gravidade local. A seguir, nos **Quadros 12 e 13**, são apresentados a tarefa e o desafio escolhidos para serem analisados:

Quadro 12 – Tarefa Tradicional

Tarefa 5(T5): Uma das formas de calcular o valor da aceleração da gravidade é a partir da equação do período (T) do Pêndulo Simples, $T=2\pi\sqrt{l/g}$, sendo l o comprimento do fio e g o valor da aceleração da gravidade. Elevando ao quadrado ambos os lados da equação e isolando a aceleração da gravidade, temos $g=4\pi^2(l/T^2)$. Utilizando esta equação, realize os procedimentos que se seguem para determinar o valor aproximado da aceleração da gravidade local. Utilize π (π) igual a 3,1416 e dê a resposta com 4 casas decimais.

T5I1) Realize duas novas medições para o período de oscilação do pêndulo simples, todas com o ângulo de 10° e 30,0 cm de comprimento do pêndulo ¹.

Medições	1ª medição – já realizada no procedimento I.	2ª medição – já realizada no procedimento I.	3ª medição	4ª medição
Tempo (t) de dez oscilações completas	$t_1 =$	$t_2 =$	$t_3 =$	$t_4 =$
Período (T) $T = t_n/10$	$T_1 =$	$T_2 =$	$T_3 =$	$T_4 =$

T5I2) Determine o valor médio do período ($T_{\text{médio}}$).

$$T_{\text{médio}} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$$

$$T_{\text{médio}} =$$

T5I3) Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.

T5I4) Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

¹No ambiente virtual, o comprimento do Pêndulo Simples foi $L=1,5\text{m}$.

Nota: Leia: **T5**→Tarefa 5; **T5I1**→Tarefa 5 item 01; **T5I2**→Tarefa 5 item 02, idem para os demais itens.

Quadro 13 – Desafio Investigativo

Desafio 4 (D4): Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?

D4I1: Como o grupo resolveu este problema? e **D4I2:** Qual o valor encontrado?

D4I3: Está próximo do valor esperado? e **D4I4:** Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Nota: Leia: **D4**→Desafio 4; **D4I1**→Desafio 4 item 01; **D4I2**→Desafio 4 item 02, idem para os demais itens.

Coleta de Dados

Os dados coletados para esse estudo são fruto das respostas fornecidas pelos estudantes quando da aplicação da atividade tradicional(roteiro) e da atividade investigativa.

Em cada ambiente de laboratório (material/virtual) foi aplicado um determinado tipo de atividade (tradicional/investigativa). Primou-se para que a coleta de dados não interferisse na rotina acadêmica dos estudantes, assim, a atividade/desafio ocorreu no turno das aulas de cada turma. Aplicamos quatro tipos de intervenções com metodologias diferentes para que a atividade experimental ocorresse: intervenção tradicional (no laboratório material), intervenção tradicional (no laboratório virtual), intervenção investigativa (no laboratório material) e intervenção investigativa no (laboratório virtual). O **Quadro 14**, a seguir, descreve o desenho de intervenção utilizado.

Quadro 14 – Desenho de intervenção

Intervenção tradicional no laboratório virtual e material						
Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aulas 7
Teste inicial	Aula expositiva		Teste intermediário	Roteiro tradicional		Teste final
Intervenção tradicional no laboratório virtual e material						
Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aulas 7
Teste inicial	Atividades 1, 2 e 3		Teste intermediário	Atividades 4; Fechamento		Teste final

Fonte: Extraído de Xavier (2018, p. 95)

Antes da aplicação das intervenções, todos os estudantes que participariam da coleta de dados dessa pesquisa foram submetidos a uma aula sobre o conteúdo de Pêndulo Simples no ambiente da sala de aula. Essa aula teórica serviu para que fossem apresentados não só os conceitos referentes ao conteúdo de Pêndulo Simples como também as equações que descrevem o movimento.

No momento de aplicação da intervenção de natureza tradicional, todos os estudantes que participariam da intervenção foram submetidos a uma aula expositiva sobre Pêndulo Simples. Já para a intervenção de natureza investigativa, o mesmo não ocorreu. Antes da realização da prática experimental, o professor escreveu o desafio no quadro branco, apresentou o *kit* experimental/simulação para os estudantes e, durante a execução da prática, interagiu com os grupos fazendo perguntas que suscitassem a investigação, como: “Como está resolvendo o problema?”. Após a conclusão da prática experimental, aos estudantes foi oportunizada a possibilidade de discutirem suas hipóteses experimentais com o restante da turma e, por fim, foi solicitado que elaborassem uma resposta do problema proposto pela atividade investigativa realizada.

Método de Análise

Participaram da coleta de dados 341 estudantes, entretanto alguns devolveram as folhas de resposta em branco (104 estudantes), assim foram analisadas as respostas de 237 estudantes.

Elaboração do Sistema Categórico

Buscamos construir categorias apropriadas para a análise a ser feita no sentido de que essas categorias abarcassem todas as habilidades específicas explicitadas nas respostas, que cada habilidade pertencesse a uma única categoria e que as categorias elencadas mantivessem uma coerência entre si. Foi proposto um modelo de sistema categórico que procurou atender à natureza do item e às habilidades demandadas por eles.

Natureza do Item

Todos os itens analisados tinham o formato discursivo. Em relação à natureza, os itens foram classificados como procedimental ou interpretativo. Os itens de natureza procedimental demandam habilidades de resolução, que são aquelas associadas ao momento em que o estudante mobiliza seus conhecimentos na busca da solução da/o tarefa/desafio. Já os itens de natureza interpretativa são aqueles que demandam habilidades de interpretação, as quais provêm do momento em que o estudante examina a validade e confiabilidade dos resultados obtidos, comparando-os com modelos teóricos conhecidos, fazendo inferências e construindo um raciocínio lógico explicativo. Esses itens (natureza procedimental ou interpretativa) foram classificados de acordo com o tipo de ação solicitada por cada um. O **Quadro 15** apresenta exemplos de cada um desses itens.

Quadro 15 – Exemplos de itens procedimentais e interpretativos

Natureza da atividade	Natureza do item	Exemplo de item	Exemplo de resposta
Tradicional	Procedimental	Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.	“ $g = 4\pi^2 \cdot L/T^2$ $g = 4 \cdot 3,1416^2 \cdot 1,5/2,45^2$ $g = 4,9,86963056 \cdot 1,5/6,0025$ $g = 39,4786024 \cdot 1,5/6,0025$ $g = 59,214790336/6,0025$ $g = 9,86 \text{ m/s}^2$.” (Estudante 09; 1821 ATV)
Tradicional	Interpretativa	Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.	“Como obtivemos valores próximos ao esperado acreditamos que sua diferença é consequência de erros como grosseiros e climáticos, que interferem diretamente nos seus valores.” (Estudante 28; 1 EL ATM)
Investigativa	Procedimental	Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?	“Realizamos o experimento no simulador com os seguintes dados Massa = 1,00kg Período = 3 segs. Comprimento = 2,00m $\pi = 3,14$ Utilizamos a fórmula $T = 2\pi \cdot \sqrt{L/g}$ com objetivo de achar a gravidade.” (Estudante 12; 6813 AIV)
Investigativa	Interpretativa	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	“Deve ser considerado o erro das medidas e o erro humano por isso ocorre estas diferenças.” (Estudante 14; 5821 AIM)

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Habilidade demandada pelo item

Durante a construção do sistema categórico buscamos identificar, por meio da análise dos itens, quais os fatores que os estudantes poderiam enumerar como relevantes para a solução da/o tarefa/desafio. A partir da identificação das habilidades demandadas pelos itens, foi necessário um refinamento do sistema categórico em virtude do dado, que foi a resposta do estudante, pois, para uma mesma categoria representativa do item, como a procedimental, várias habilidades poderiam ser explicitadas. Por exemplo, habilidades associadas ao processo de medição e ao uso da ferramenta matemática dentre outras.

Para essa pesquisa foi construído um sistema de categorias que descreve o modo como o estudante usa o conhecimento em ação. Analisamos as estratégias dos estudantes através do estabelecimento de uma forma de classificá-las a partir das habilidades demandadas por cada

item. Assim, olhamos para cada item em particular tentando identificar qual a habilidade por ele demandada. Esse atributo é avaliado a partir de seis categorias: 1) habilidade em executar medidas; 2) habilidade em fazer cálculo de média; 3) habilidade em resolver equações matemáticas; 4) habilidade em aplicar regras matemáticas; 5) habilidade em propor a solução do problema; 6) habilidade de verificar(examinar) a validade da resposta encontrada. As habilidades foram, a princípio, elencadas para cada item da atividade tradicional e investigativa em particular. O conjunto de categorias, avaliado posteriormente, foi reduzido, uma vez que habilidades mais gerais puderam ser atribuídas tanto a um conjunto de itens da atividade tradicional como da investigativa.

Podemos sistematizar as habilidades da seguinte forma:

- **Habilidade em executar medidas (EXM):** é verificada quando o estudante demonstra que coletou as medidas adequadamente. Isso é avaliado a partir da coerência dos números reportados – se eles correspondem a medidas de tempo próximas.

- **Habilidade em fazer cálculo de médias (FCM):** é verificada quando o estudante demonstra que conseguiu aplicar regras de média aritmética. Isso é avaliado através da verificação da execução da média dos tempos de oscilação, aplicando a equação de médias e calculando corretamente a média.

- **Habilidade em Resolver Equações Matemáticas (EQM):** é verificada quando o estudante demonstra que conseguiu identificar a equação a ser usada. Isso é avaliado através da verificação do uso adequado da ferramenta matemática e da realização do cálculo solicitado.

- **Habilidade em Aplicar Regras Matemáticas (ARM):** é verificada quando o estudante demonstra ter a capacidade de manipular os algarismos significativos com fins de arredondamento e utilização do Sistema Internacional (SI). Isso é avaliado a partir da verificação dos cálculos e da resposta final fornecida pelo estudante.

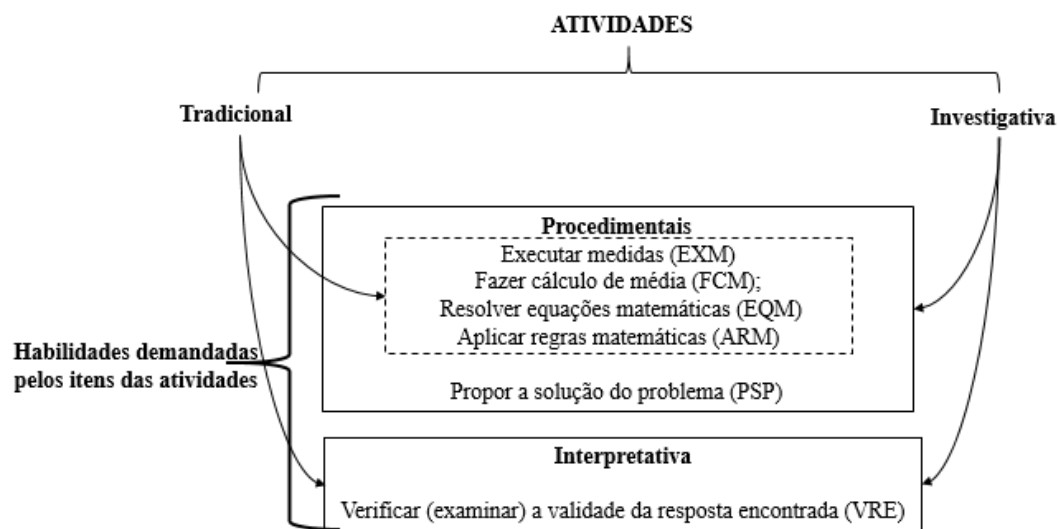
- **Habilidade para Propor a Solução do Problema (PSP):** é verificada quando o estudante expressa a escolha de uma estratégia para executar a parte procedimental e a parte algébrica. Isso é avaliado a partir da verificação do uso de processo de automatização de sequência de passos em rotinas.

- **Habilidade em Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE):** é verificada quando o estudante compara o valor encontrado com o valor definido teoricamente, identifica e quantifica as fontes de erros de medidas. Isso é avaliado a partir do momento em que

o estudante expressa, por meio da escrita, que revisou os passos executados e o resultado calculado, assim como expressou uma avaliação sobre o resultado que encontrou.

O modelo de habilidades exposto a seguir, na **Figura 10**, traz uma descrição sucinta do tipo de habilidade demandada de acordo com o tipo de atividade: tradicional x investigativa.

Figura 10 – Modelo de Habilidades



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Essas habilidades elencadas foram utilizadas para avaliar as respostas na modalidade *checklist*¹⁶, ou seja, verificamos se a habilidade estava presente ou não na resposta fornecida pelo estudante para cada item da atividade respondida: tradicional/investigativa. Portanto, classificamos como 1 (um) quando a habilidade estava presente e 0 (zero) quando a habilidade estava ausente. O **Quadro 16**, a seguir, apresenta um fragmento do Sistema Categórico utilizado na análise dos dados.

¹⁶ Lista de verificação (Tradução).

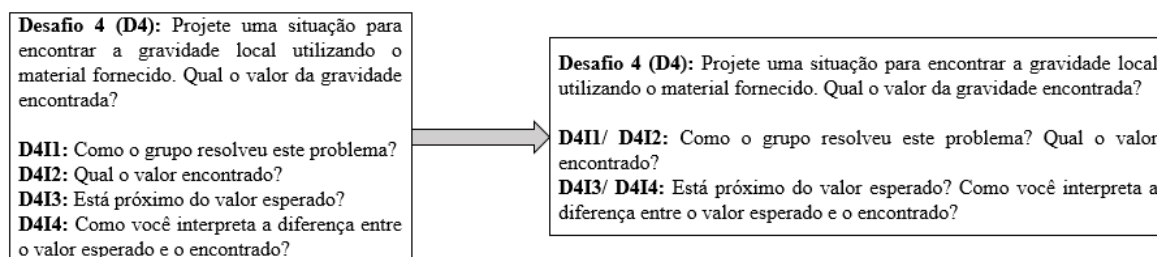
Quadro 16 – Recorte do Sistema Categórico utilizado na análise dos dados

HABILIDADE DEMANDADA	NATUREZA/AMBIENTE	EXEMPLO
Habilidade em Resolver Equação Matemática (EQM)	Tradicional/Material	“ $g=4.(3,1416)^2. 0,3/1,1^2$ $g= 4,9,8696.0,3/1,2$ $g= 9,8696m/s.^2$.” (Estudante 04, 6812 ATM)
	Tradicional/Virtual	“ $g=4.(3,1416)^2. 1,5/2,45^2$ $g= 4,9,8676.1,5/6,0025$ $g= 39,4784.0,2499$ $g= 9,8656m/s^2$.” (Estudante 09, 1° ED01, ATV)
Habilidade de Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)	Investigativa/Material	“A variação no valor encontrado da gravidade pode ser explicada devido a diferença no tempo de reação para acionar o cronômetro e possível falha no momento de medição do fio de pêndulo.” (Estudante 11, 5821, AIM)
	Investigativa/Virtual	“Essa diferença pode ser dada a partir das margens de erro.” (Estudante 15, 2° EL, AIV)

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nota: Leia: **ATM** (Atividade Tradicional Material); **ATV** (Atividade Tradicional Virtual); **AIM** (Atividade Investigativa Material) e **AIV** (Atividade Investigativa Virtual).

Ao avaliarmos os itens do desafio verificamos que alguns itens deveriam ser agrupados para que apresentassem uma maior semelhança de habilidades demandadas com os itens elaborados para a tarefa. A **Figura 11**, a seguir, explicita quais itens da atividade investigativa foram agrupados.

Figura 11 – Agrupamento de itens da atividade investigativa

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Descrição da frequência normalizada

Na avaliação dos relatórios, iniciamos com a leitura das respostas identificando as habilidades explicitadas por cada estudante em particular. Após a classificação a partir de uma

checklist, as categorias foram convertidas em códigos numéricos para a análise de dados. Foi possível obter, dessa forma, uma matriz dicotômica que representa a identificação da presença (*score* 1) ou não (*score* 0) das habilidades demandadas pelos itens e inferidas nas respostas. A partir dessa matriz, foi feita uma análise de frequência de categorias utilizando o *score* normalizado. Trata-se de um método no qual o percentual de explicitações das habilidades específicas foram obtidas a partir da razão entre o número de explicitações da habilidade e o número de respondentes da amostra.

Na próxima seção, serão apresentadas as questões de pesquisa levantadas, bem como as análises realizadas e os resultados alcançados.

Análise e Resultados

A análise apresentada nesse trabalho corresponde à prática experimental sobre: “Cálculo do valor da gravidade”. A escolha dos participantes ocorreu de maneira aleatória, de modo que o momento de realização da intervenção coincidissem com o horário de aula experimental da disciplina de Física para cada turma. A análise desse trabalho procurou investigar as diferenças de habilidades reportadas no sistema categórico elaborado, apresentadas nas respostas dos estudantes que participaram das duas atividades.

A seguir, serão apresentados os estudos realizados para responder a duas questões de pesquisa: 1) “Qual o perfil geral de habilidades dos estudantes ao resolverem a prática experimental do cálculo da gravidade?”; 2) “Qual o perfil de habilidades dos estudantes ao resolverem a prática experimental quando apresentada de natureza tradicional e de natureza investigativa?”.

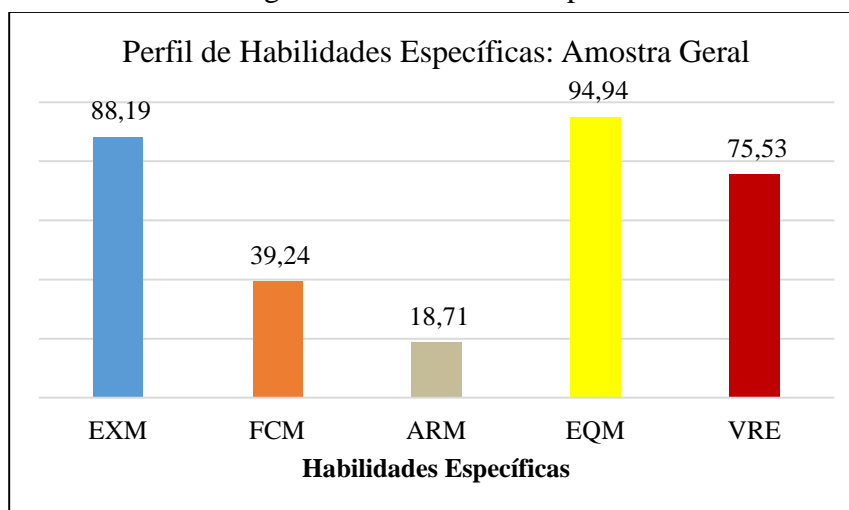
Inicialmente, foi feita uma categorização das respostas de acordo com o sistema categórico de habilidades já descrito. A partir dessa categorização, avaliamos as categorias de duas maneiras: primeiro de uma maneira geral, sem distinguir o tipo de atividade aplicada e o ambiente de ensino; segundo de acordo com a natureza da atividade respondida pelos estudantes. O processo de análise, bem como os resultados encontrados será apresentado em dois estudos:

Estudo I: Perfil geral de habilidades inferidas nas respostas dos estudantes ao resolverem a/o tarefa/desafio do cálculo da gravidade.

Nessa análise foi feito um estudo das frequências de categorias da amostra geral (237 estudantes respondentes), sem distinguir o tipo de ambiente de ensino onde a atividade experimental ocorreu e a natureza da atividade aplicada. Para tanto, classificamos as respostas segundo as habilidades inferidas de maneira dicotômica. Esse estudo contempla a questão: “Qual o perfil geral de habilidades dos estudantes ao resolverem a prática experimental do cálculo da gravidade?”.

Inicialmente, buscamos identificar qual(ais) o(s) tipo(s) de habilidade(s) específica(s) inferida(s) nas respostas de maneira geral. O cálculo da frequência normalizada e relativa mostrou que essas habilidades diferiram quanto ao índice apresentado por cada uma delas. O **Gráfico 1** nos dá uma visão geral do perfil das categorias de habilidades inferidas nas respostas da/o tarefa/desafio proposta/o.

Gráfico 1 – Perfil geral de Habilidades Específicas



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Cada barra se refere à porcentagem de frequência de aparecimento das habilidades em relação ao total que deveriam ocorrer, isto é, uma frequência relativa. Essa relação foi estabelecida a partir da análise de uma resposta “modelo” que deveria corresponder à forma correta a partir dos parâmetros acadêmicos. Dessa maneira, para cada item, um número foi atribuído à ocorrência de cada uma das habilidades, de acordo com a resposta-modelo.

Do ponto de vista das habilidades comuns das duas atividades – interpretativa (**VRE**) e procedimentais (**EXM**, **FCM**, **EQM** e **ARM**) – tivemos para a habilidade **VRE** um índice de frequência relativa de aproximadamente 75,53% do total que deveria ocorrer. Para a habilidade

procedimental verificamos que, das quatro habilidades mobilizadas, duas delas, **EQM** (94,94%) e **EXM** (88,19%), foram muito mobilizadas, já as outras duas habilidades, **FCM** (39,24%) e **ARM** (18,71%), foram pouco mobilizadas.

Em relação ao aspecto procedimental, a habilidade mais explicitada foi Resolver a Equação Matemática (**EQM**). Esse resultado é um forte indicativo de que os estudantes, que participaram das atividades propostas, decidiram por fazer uso da ferramenta matemática na busca da solução, dando um formalismo matemático à/ao tarefa/desafio proposta/o, o que parece ser o modo mais viável de solução, frente à/ao tarefa/desafio apresentada/o. Para isso, conseguiram identificar as variáveis de suporte da solução da/o tarefa/desafio.

Em segundo lugar, como habilidade mais explicitada pelos estudantes, foi identificada a categoria Executar Medidas (**EXM**). Os estudantes que explicitaram esse tipo de habilidade demonstraram conhecer as unidades de medida e os instrumentos adequados ao tipo de medida que se pretende realizar. O fato de o índice de frequência dessa habilidade ter sido alto confirma que a habilidade **EXM** para uma atividade empírica é essencial.

Verificar a Validade da Resposta Encontrada (**VRE**) foi a terceira habilidade mais explicitada. Os que explicitaram esse tipo de habilidade demonstraram ter a capacidade de avaliar se os resultados encontrados são condizentes ou não com as condições físicas previamente estabelecidas. Ou seja, eles construíram conclusões a partir das evidências apresentadas pelo fenômeno físico observado, o que lhes deu condições de fazer uma avaliação estabelecendo diferenças entre predições e evidências. Esse resultado pode ser interpretado como um indicativo de que os estudantes investigados, que não explicitaram a habilidade **VRE**, não sabem ou têm dificuldade em testar a validade de uma inferência física.

A quarta habilidade mais explicitada foi a de Fazer Cálculo de Média (**FCM**). Os estudantes que explicitaram esse tipo de habilidade demonstraram ter a capacidade de definir as dimensões e magnitudes das grandezas analisadas de maneira correta. O baixo índice apresentado por essa habilidade enfatiza a deficiência do ensino para esse fim, visto que todos os estudantes participantes das intervenções já haviam sido instruídos em aula teórica e prática¹⁷, e para obter o melhor valor representativo de distribuição de uma grandeza é necessário efetuar o cálculo do seu valor médio.

¹⁷ Nas instituições de ensino em que a intervenção ocorreu, o conteúdo de Introdução à Teoria dos Erros e à Experimentação em Física se dá na primeira unidade da 1ª série para todas as turmas do Ensino Médio Integrado.

Finalizando a ordem de explicitação, ficou a categoria Aplicar Regras Matemáticas (**ARM**). Os estudantes que explicitaram esse tipo de habilidade demonstraram ter a capacidade de identificar e analisar conceitos científicos. Assim, esses estudantes conseguiram atribuir significado no momento em que fizeram uso da ferramenta matemática. Em contrapartida, interpretamos que os estudantes que não explicitaram esse tipo de habilidade, durante a resolução da/o tarefa/desafio, evidenciaram dificuldades em compreender a linguagem matemática e interpretar o que a sentença matemática estava expressando.

Quanto à habilidade procedimental específica da atividade investigativa Propor a Solução do Problema (**PSP**), tivemos um índice de frequência relativa de aproximadamente 0,477 de respondentes ao desafio proposto. Os estudantes que explicitaram esse tipo de habilidade demonstraram ter a capacidade de ler, interpretar, definir metas e planejar formas de resolvê-lo. No entanto, esse resultado também é um indicativo de que muitos estudantes podem apresentar dificuldade em definir metas e objetivos durante a realização de uma prática experimental, e isso pode estar muito atrelado ao formato de ensino nesses ambientes.

Para verificar em que medida esses aspectos das habilidades foram contemplados nas duas atividades aplicadas (tradicional/investigativa), foi realizado um teste de diferença de média. O teste estatístico paramétrico foi realizado no *software Statistical Package for Social Science for Windows* (SPSS), (IBM_CORP, 2011). Foi realizado o teste *t* de *Student* para amostras em pares, comparando variáveis que não são independentes para verificar se existe diferença entre essas medidas: **EXM versus FCM**; **EXM versus ARM**; **EXM versus EQM**; **EXM versus VRE**; **FCM versus ARM**; **FCM versus EQM**; **FCM versus VRE**; **ARM versus EQM**; **ARM versus VRE** e **EQM versus VRE**. Os resultados são apresentados de maneira descritiva no **Quadro 17**, abaixo.

Quadro 17 – Comparação das diferenças de média

Habilidade Geral	Média	Desvio Padrão	t	Df	Sig. (2-tailed)
EXM – FCM	0,88 0,39	0,32 0,49	14,33	236	0,00
EXM – ARM	0,88 0,19	0,32 0,34	24,98	236	0,00
EXM – EQM	0,88 0,95	0,32 0,22	2,70	236	0,01
EXM – VRE	0,88 0,76	0,32 0,43	3,47	236	0,00
FCM – ARM	0,39 0,19	0,49 0,34	6,24	236	0,00
FCM – EQM	0,39 0,95	0,49 0,22	15,69	236	0,00

Habilidade Geral	Média	Desvio Padrão	t	Df	Sig. (2-tailed)
FCM – VRE	0,39 0,76	0,49 0,43	8,08	236	0,00
ARM – EQM	0,19 0,95	0,34 0,22	30,67	236	0,00
ARM – VRE	0,19 0,76	0,34 0,43	16,21	236	0,00
EQM – VRE	0,95 0,76	0,22 0,43	7,34	236	0,00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Para verificar se a diferença entre as médias das categorias de habilidades da amostra geral de respondentes é estatisticamente significativa, foi feita a comparação do valor de p com o nível de significância 95% ($p \leq 0,05$). Quanto ao aspecto das habilidades inferidas nas respostas, foi rejeitada a hipótese nula: **EXM versus FCM** ($t = 14,33$; $dif=236$ e $p = 0,000$); **EXM versus ARM** ($t = 24,98$; $dif= 236$ e $p =0,000$); **EXM versus EQM** ($t = 2,70$; $dif= 236$ e $p = 0,007$); **EXM versus VRE** ($t = 3,47$; $dif= 236$ e $p = 0,001$); **FCM versus ARM** ($t = 6,24$; $dif= 236$ e $p =0,000$); **FCM versus EQM** ($t = 15,69$; $dif= 236$ e $p = 0,000$); **FCM versus VRE** ($t = 8,08$; $dif= 236$ e $p = 0,000$); **ARM versus EQM** ($t = 30,67$; $dif= 236$ e $p = 0,000$); **ARM versus VRE** ($t = 16,21$; $dif= 236$ e $p = 0,000$); **EQM versus VRE** ($t = 7,34$; $dif= 236$ e $p =0,000$). Dessa forma, temos que a diferença entre as médias para todos os pares testados é estatisticamente significativa. Ou seja, considera-se a hipótese alternativa de que a diferença entre as amostras é diferente de zero.

Os itens, embora tenham tido o objetivo de acessar as mesmas habilidades, não são exatamente os mesmos na atividade tradicional e na atividade investigativa. Isso pode explicar, por exemplo, a baixa habilidade vista de uma maneira geral para a categoria **PSP**, que foi apontada somente na atividade investigativa. Desse modo, as estratégias que os estudantes explicitaram só podem ser melhor investigadas a partir de um exame mais detalhado em relação ao que foi reportado por eles, ao resolverem a atividade investigativa e a atividade tradicional no ambiente virtual e no ambiente material. Isso é feito no próximo estudo.

Estudo II: Perfil das habilidades inferidas nas respostas dos estudantes em função da natureza da atividade aplicada.

Nessa análise, foi feito um estudo das frequências de categorias descritas em termos das habilidades dos estudantes em cada um dos itens da/o tarefa/desafio, discriminando a natureza da atividade aplicada: tradicional/ investigativa. Foram analisadas as respostas de 107 estudantes que participaram da atividade de natureza tradicional e 130 estudantes que participaram da atividade

de natureza investigativa. Com isso, respondemos à segunda questão: “Qual o perfil de habilidades dos estudantes ao resolverem a prática experimental quando apresentada de natureza tradicional e de natureza investigativa?”.

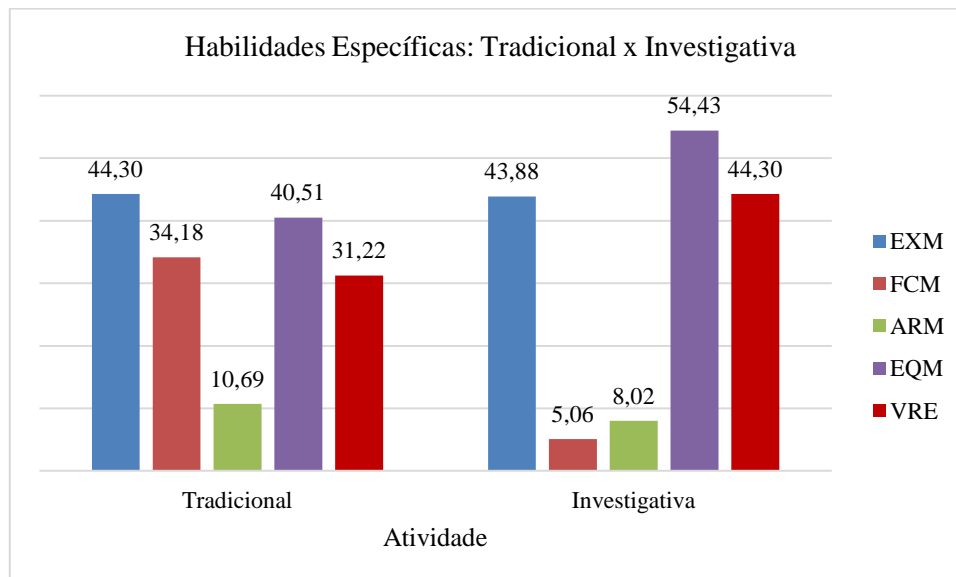
Em termos de análise, foi feito um pareamento dos itens da atividade tradicional com os itens da atividade investigativa segundo a semelhança de habilidades demandadas por eles, conforme critérios pré-definidos anteriormente. O **Quadro 18**, abaixo, mostra o resultado do pareamento de itens realizado, indicando quais itens foram semelhantes de acordo com o tipo de habilidade demandada.

Quadro 18 – Pareamento entre itens das atividades tradicional/investigativa

Tipo de habilidade demandada pelo item	TRADICIONAL		INVESTIGATIVA	
	Rubrica do item	Descrição sucinta do item	Rubrica do item	Descrição sucinta do item
Procedimental	T5I1 T5I2 T5I3	- Tabela para inserção dos tempos de oscilação e cálculo do período. - Determinar o valor médio do período. - Utilizando a equação, calcule o valor da gravidade.	D4I1 D4I2	- Como o grupo resolveu o problema e qual o valor encontrado?
Interpretativa	T5I4	- Compare o valor da aceleração da gravidade encontrado com o valor esperado.	D4I3 D4I4	- Está próximo do valor esperado? - Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o valor encontrado?

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Para analisarmos as habilidades de maneira específica do ponto de vista procedimental e interpretativo, foi feita uma discriminação de cada habilidade em particular em função do tipo de atividade aplicada. Os resultados obtidos podem ser visualizados no **Gráfico 2**, a seguir, que apresenta o perfil de habilidades encontradas mediante o cálculo da frequência normalizada e relativa de cada grupo.

Gráfico 2 – Perfil de Habilidades Específicas: Investigativa x Tradicional

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Pela análise do **Gráfico 2**, temos que, no geral, as duas atividades aplicadas tiveram o potencial de mobilizar nos estudantes habilidades de caráter procedimental (**EXM**, **FCM**, **ARM** e **EQM**) e a categoria de habilidade interpretativa (**VRE**). Entretanto, os padrões são diferenciados. O resultado para a atividade tradicional apresenta um equilíbrio entre os índices de frequência, distribuição mais uniforme, sendo que as habilidades que mais se sobressaíram foram a **EXM** (44,30%) e a **EQM** (40,51%), seguidas da **FCM** (34,18%), da **VRE** (31,22%) e da **ARM** (10,69%). Já para a atividade investigativa, existe uma diferença grande entre os índices das habilidades que mais se sobressaíram: **EQM** (54,43%), **VRE** (44,30%) e **EXM** (43,88%) e as habilidades menos mobilizadas pelos estudantes: **FCM** (5,06%) e **ARM** (8,02%).

Fazendo uma análise por categoria, podemos observar que as duas atividades tiveram potencial semelhante de mobilização para a categoria de habilidade **EXM**. Já para as habilidades **ARM** e **FCM**, a atividade tradicional apresentou um caráter de mobilização maior em comparação com a atividade investigativa. Esse resultado de certa forma era esperado, uma vez que dois itens da atividade tradicional solicitavam diretamente que fossem feitos cálculos de média e que os resultados encontrados apresentassem um número específico de casas decimais.

Para a categoria de habilidade **EQM**, é verificada uma inversão de perfil quando comparado com as outras três categorias de habilidades de natureza procedimental. Apesar de um dos itens da atividade tradicional solicitar diretamente que fosse usada a ferramenta matemática,

o índice de frequência para essa habilidade foi maior para os respondentes da atividade investigativa. Esse resultado ressalta que, embora para a atividade investigativa as habilidades **EQM**, **EXM** e **VRE** não estejam sendo explicitamente solicitadas, elas aparecem com grande expressão. Interpretamos esse achado considerando que resolver a equação matemática é fundamental para solucionar o desafio. E que, ainda que não seja explicitamente solicitada, os estudantes na atividade investigativa reconheceram a necessidade de usarem tal ferramenta. Da mesma forma, o cálculo de medidas relacionado com a habilidade **FCM** é imprescindível para chegar ao valor numérico da gravidade \vec{g} . Inferimos, a partir desse resultado, que os estudantes não precisam necessariamente ser diretamente solicitados a fazerem cálculo em uma atividade dessa natureza, pois eles têm autonomia para reconhecer que essas habilidades são necessárias. Por outro lado, as habilidades **ARM** e **EQM** não são imprescindíveis para resolver o desafio. E, portanto, não foram tão mobilizadas.

Por fim, para a categoria de habilidade interpretativa **VRE**, o maior índice de explicitação foi para os respondentes da atividade investigativa. Esse resultado reforça o argumento de que atividades de natureza investigativa solicitam dos estudantes um pensamento mais elaborado, favorecendo a interpretação científica, possibilitando que os estudantes avaliem se os resultados encontrados são adequados ou não, a depender das condições físicas estabelecidas e pressupostos teóricos. Em contrapartida, os estudantes que participaram da atividade de natureza tradicional, por não terem participado ativamente do processo, no sentido de não poderem decidir sobre quais procedimentos experimentais deveriam ser adotados para que a tarefa fosse resolvida, não conseguiram ou tiveram dificuldades de avaliar a resposta encontrada tendo como base o valor teórico definido (HANIF; SNEDDON; REID, 2008; CARVALHO, 2013).

Para avaliar se as habilidades mobilizadas pela atividade tradicional são diferentes das habilidades mobilizadas pela atividade investigativa, avaliamos as diferenças de média.

Por isso, realizamos o teste não paramétrico de diferenças *Kruskal-Wallis* (amostras independentes) correspondente ao teste paramétrico ANOVA, para compararmos as medianas entre os grupos. O teste estatístico paramétrico foi realizado no *software Statistical Package for Social Science for Windows* (SPSS), (IBM_CORP, 2011). Os resultados são apresentados nos **Quadros 19** e **20** a seguir:

Quadro 19 – Resumo do teste de hipóteses

Categoria de Habilidade	Hipótese Nula	Teste	Sig	Decisão
EXM	A distribuição da EXM é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
FCM	A distribuição da FCM é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
ARM	A distribuição da ARM é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
EQM	A distribuição da EQM é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
VRE	A distribuição da VRE é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> de Amostras Independentes.	0,04	Rejeite a hipótese nula.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Quadro 20 – Teste Estatístico

	EXM	FCM	ARM	EQM	VRE
Qui-Quadrado	18,44	108,30	100,50	10,10	4,26
df	1	1	1	1	1
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Nota: a. Teste *Kruskal-Wallis*; b. Variável de agrupamento: Abordagem.

Os resultados apresentados nos **Quadros 19** e **20** nos mostram que as diferenças em pares indicam que houve diferença na mobilização das habilidades a depender da abordagem **EXM** [$X^2(1) = 18,44; p < 0,05$], **FCM** [$X^2(1) = 108,30; p < 0,05$], **ARM** [$X^2(1) = 100,50; p < 0,05$], **EQM** [$X^2(1) = 10,10; p < 0,05$] e **VRE** [$X^2(1) = 4,26; p < 0,05$]. Assim, as comparações em pares – teste *Post Hoc* – mostraram que, para as categorias de habilidade **EXM**, **FCM** e **ARM**, o aspecto tradicional foi mais marcante na seguinte proporção: **EXM** > **FCM** > **ARM**. Já para as categorias **EQM** e **VRE**, o aspecto investigativo se sobressaiu mais na seguinte proporção: **EQM** > **VRE**.

O fato de as habilidades **EXM**, **FCM** e **ARM** serem mais mobilizadas na atividade tradicional nos leva a hipotetizar que atividades dessa natureza têm maior facilidade de solicitar que os estudantes apliquem o seu conhecimento formal¹⁸ para resolver a tarefa.

Considerações Finais

Nesse estudo foi feita a investigação das estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre o cálculo do valor da gravidade. Foi investigado qual o perfil de frequência normalizado e relativo apresentado por cada uma das categorias de habilidades identificadas na análise, como também possíveis tendências comportamentais. Estudos desse tipo são relevantes para apontar aspectos diretamente relacionados com o método de ensino utilizado pelos professores. Para Dvornikova e Kostromina (2009), os estudantes, na sua maioria, têm dificuldades de planejar estratégias de resolução e de avaliação de problemas físicos. Os autores apontam para a necessidade de os estudantes participarem de modo mais frequente em atividades onde eles explicitem essas habilidades. Ainda para os autores, com o uso frequente desse tipo de atividade, muitas habilidades serão aprimoradas e outras serão desenvolvidas.

Um ponto relevante a ser discutido nesse estudo foi a diferença entre os formatos das atividades utilizadas nas intervenções. Embora tenhamos feito um pareamento entre itens considerados semelhantes, ou seja, a tarefa e o desafio escolhidos são semelhantes, demandam os mesmos elementos do ponto de vista de conteúdos, isso não significa que elas demandam o mesmo esforço cognitivo dos estudantes. Isso implica em habilidades inferidas diferenciadas para resolver a/o tarefa/desafio. Entretanto, a diferenciação entre as habilidades inferidas é um problema de cunho metodológico, todavia a atividade tradicional é essencialmente diferente da atividade investigativa. Por conseguinte, a comparação é feita, mas fica entendido que as peculiaridades da/o tarefa/desafio demandam dos estudantes parâmetros diferentes para serem resolvidos. Isso tem uma implicação que é a impossibilidade de que seja feita uma comparação direta entre as duas atividades.

¹⁸ Conhecimento associado à aplicação de fórmulas e conceitos encontrados em livros didáticos (DALL'AGNOL; SOARES, 2016).

Por outro lado, a comparação, entendendo todas essas limitações, é importante de ser feita para compreender o que, de fato, uma abordagem do tipo tradicional contempla e o que uma abordagem do tipo investigativa contempla. Assim, é necessário que seja estabelecido o limite de comparação entendendo o resultado como relativo ao próprio formato da atividade. Com isso, deduzimos que o formato da atividade instiga a mobilização de habilidades diferentes.

Por fim, o fato de a categoria Verificar a Resposta Encontrada (**VRE**) apresentar maior índice de frequência para os estudantes que participaram da atividade de natureza investigativa nos leva a considerar que essa categoria avalia a capacidade que o estudante tem de comparar o resultado encontrado com o resultado definido teoricamente, fazendo uma avaliação dos passos executados. Esse resultado nos fornece indícios de que: os estudantes que participaram da atividade investigativa tiveram mais facilidade para desenvolver uma maneira lógica para analisar o desafio proposto; os estudantes que participaram da atividade tradicional, por não planejarem e implementarem soluções de resolução de práticas experimentais, tiveram mais dificuldade de avaliar os resultados encontrados, se são adequados ou não, de acordo com as condições estabelecidas experimentalmente.

Segundo Hofstein *et al.* (2005) e Halim (2016), atividades de natureza investigativa demandam dos estudantes um pensamento com maior nível de complexidade, o que favorece o estabelecimento das estratégias de resolução e de discussão do resultado encontrado. Os resultados descobertos por Xavier (2018) coadunam com o resultado obtido nessa pesquisa, onde verificamos que houve explicitação de habilidades de natureza procedimental e interpretativa durante as intervenções realizadas. Os resultados da pesquisa de Xavier mostraram também que houve maior aprendizagem para os estudantes que participaram da atividade investigativa em comparação com os que participaram da atividade tradicional. Esse resultado pode explicar o fato de os estudantes que participaram da atividade investigativa terem explicitado mais habilidades interpretativas que os que participaram da atividade tradicional.

Referências

AHRENSMEIER, D. A practical application of Physics Education Research-informed teaching interventions in a first-year physics service course. **Journal of Technical Education**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2013.

BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. da. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 4, e4402, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0059>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BUTLER, L.; COLEONI, E. Solving problems to learn concepts, how does it happen? A Case for Buoyancy. **Physical Review Physics Education Research**, USA, v. 12, n. 2, p. 020144. 2016.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, p.765-794, 2018.

CHAVES, J. M. F.; HUNSCHE, S. **Atividades experimentais demonstrativas no ensino de física: panorama a partir de eventos da área**. Curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2014. Disponível em <http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/cienciasexatas/files/2014/06/TCC-Jossuele.pdf>. Acesso em: 8 set. 2021.

CLARK, R. E. Media will never influence learning. **Educational Technology, Research and Development**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 21-29, 1994.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de física: ma experiência da residência pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Física**, Florianópolis, v. 36, p. 490-513, 2019.

DALL'AGNOL, L.; SOARES, M. Relação do conhecimento formal e informal: valorizando a etnomatemática. In: **XII Encontro Nacional de Educação Matemática**, São Paulo, SP, 13 a 16 de julho de 2016. Relato de Experiência. Tema: Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades.

DELIZOICOV, D. O Laboratório didático de física no ensino superior: contrastes e transformações. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru, São Paulo. **Atas** [...]. Bauru: ABRAPEC, 2005. 1 CD-ROM.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. São Paulo: Editora Vozes, 2011.

DVORNIKOVA T. A.; KOSTROMINA S. N. Diagnostics of degree of students' educational strategies formation. **Vestnik of Saint-Petersburg University**, Russian, n. 1, p. 321-331. 2009. Series 12. Psychology. Sociology. Education.

FORTE, C. *et al.* Implementação de laboratórios virtuais em realidade aumentada para educação à distância. *In: 5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2008. **Anais [...]**. Bauru, São Paulo, UNESP, 19 a 21 de novembro de 2008.

GIL-PEREZ, D. *et al.* **Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

GOUW, A. M. S.; FRANZOLIN, F.; FEJES, M. E. Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 2 p. 439-454, 2013.

GUNSTONE, R. F.; CHAMPAGNE, A. B. Promoting conceptual change in the laboratory. *In: HEGARTY-HAZEL, E. (ed.). The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge, 1990. pp. 159-182.

HALIM, A. *et al.* An Analysis of Students' Skill in Applying the Problem-Solving Strategy to the Physics Problem Settlement in Facing AEC as Global Competition. **Journal Pendidikan IPA Indonesia**, Indonesia, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2016.

HANIF, M.; SNEDDON, P.; REID, N. The perceptions, views and opinions of university students about physics learning during undergraduate laboratory work. **European Journal of Physics**, [on-line], v. 30, 2009.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOFSTEIN, A. Practical work and science education. *In: FENSHAM, P. (ed.). Development and dilemmas in science education*. London: Falmer Press, 1988. pp. 189-217.

HOFSTEIN, A.; KIPNIS, M.; KIND, P. Learning in and from science laboratories: Enhancing students meta-cognition and argumentation skills. *In: PETROSELLI, C. L. (ed.). Science education issues and developments*. London: Nova Science, 2008. pp. 59-94.

HOFSTEIN, A. *et al.* Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 42, n. 7, p. 791-806, 2005.

HOHENFELD, D. P. **A natureza quântica da luz nos laboratórios didáticos convencionais e computacionais no ensino médio**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

HOHENFELD, D. P.; PENIDO, M. C. Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. *In: Anais do VII ENPEC*, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.

HSU, Y. S.; THOMAS, R. A. The impacts of a web-aided instructional simulation on science learning. **International Journal of Science Education**, Chhattisgarh, India, v. 24, p. 955-979, 2002.

HUPPERT, J.; LOMASK, S. M.; LAZAROWITZ, R. Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. **International Journal of Science Education**, Chhattisgarh, India, v. 24, n. 8, p. 803-821, 2002.

JOKIRANTA, K. **The Effectiveness of Practical Work in Science Education**: Bachelor's Thesis. University of Jyväskylä Department of Physics, 2014. Disponível em: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/42979/URN:NBN:fi:jyu-201402181251.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8 jun. 2021.

KIRSCHNER, P.; HUISMAN, W. Dry laboratories in science education; computer-based practical work. **International Journal of Science Education**, Chhattisgarh, India, v. 20, p. 665-682, 1998.

LEITE, J. C.; RODRIGUES, M. M.; MAGALHÃES, C. A. O. Ensino de Ciências por Investigação na visão de professores de Ciências em um contexto de forma continuada. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 42-56, 2015.

LUCENA, G. L. *et al.* Laboratório virtual como alternativa didática para auxiliar o ensino de química no ensino médio. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [on-line], v. 21, n. 2, 2013.

MALHEIROS, J. M. da S. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 1, n. 1, set.-dez. 2016.

MALONE, K. L. Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 020107-15, 2008.

MELTZER, D. E.; THORNTON, R. K. **American Journal of Physics**, [on-line], v. 80, p. 478, 2012.

MILLAR, R. **The role of practical work in the teaching and learning of science, high school science laboratories**: role and vision. Washington, DC, USA: National Academy of Sciences, 2004.

MILLAR, R. Practical work. *In*: OSBORNE, J.; DILLON, J. (eds.). **Good practice in science teaching**: What research has to say. 2nd ed. Maidenhead: Open University Press, 2010.

OMAR, N.; ZULKIFLI, R.; HASSAN, R. Development of a Virtual Laboratory for Radiation Heat Transfer. **European Journal of Scientific Research**, Mahé, Seicheles, v. 32, 2009.

OWEN, A. M. Cognitive planning in humans: neuropsychological, neuroanatomical and neuropharmacological perspectives. **Progress in Neurobiology**, [on-line], v. 53, p. 431-450, 1997.

REIF, F.; LARKIN, J. H. Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 28, n. 9, p. 733-760, 1991.

RESNICK, M. Technologies for lifelong kindergarten. **Educational Technology Research and Development**, Switzerland, v. 46, p. 43-55, 1998.

RONEN, M.; ELIAHU, M. Simulation, a bridge between theory and reality: The case of electric circuits. **Journal of Computer Assisted Learning**, [on-line], v. 16, n. 1, p. 14-26, 2000.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 49-67, 2015. N. Especial.

SCHMIDT, I. A. John Dewey e a educação para uma sociedade democrática. **Contexto & Educação**, Ijuí, n. 82, p. 135-154, jul./dez. 2009.

SHANA, Z.; ABULIBDEH, E. S. Science practical work and its impact on students' science achievement. **Journal of Technology and Science Education**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 199-215, July 2020.

SHARMA, M. D. *et al.* Student evaluation of research projects in a first-year physics laboratory. **European Journal of Physics**, [on-line], v. 35, n. 2, p. 025004, 2014.

SNĚTINOVÁ, M.; KÁCOVSKÝ, P.; MACHALICKÁ J. Hands-On experiments in the interactive physics laboratory: students' intrinsic motivation and understanding. **Center for Educational Policy Studies Journal**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 55-75, 2018.

SPEARS, J.; ZOLLMAN, D. A. The Influence of Structured Versus Unstructured Laboratory on Students' Understanding the Process of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, [S. l.], v. 14, p. 33-38, 1977.

STEINBERG, R. N. Computers in teaching science: To stimulate or not to stimulate? **American Journal of Physics**, [on-line], v. 68, n. 7, S37-S41, 2000.

TAO, P.-K., GUNSTONE, R. F. The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 36, n. 7, p. 859-882, 1999.

TRIONA, L. M.; KLAHR, D. Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. **Cognition & Instruction**, London, v. 21, p. 149-173, 2003.

WEINSTEIN, C.F.; MAYER, R. F. **The teaching of learning strategies**: handbook of Research on Teaching. New York: Ed. by M. C. Wittrock, 1986.

WILCOX, B. R.; LEWANDOWSKI, H. J. Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. **Physical Review Physics Education Research**, EUA, v. 13, 010108, 2017.

WINKELMANN, J.; ERB, R. Learning in school science situations. Practical work and demonstrations in geometrical optics. *In*: **Conference ESERA 2015**, European Science Education Research Association, July 2015. Theme: Research in Science Education: Engaging Students for a Sustainable Future.

XAVIER, A. P. **Laboratório virtual versus laboratório material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. 2018. 221 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

YAGER, R. E.; ENGLER, H. B.; SNIDER, B. C. F. Effects of laboratory and demonstration methods upon the outcomes of instruction in secondary biology. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 6, p. 76-86, 1969.

ZACHARIA, Z. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. **Journal of Computer Assisted Learning**, [on-line], v. 23, n. 2, p. 120-132, 2007.

ZANATA, B. A. O legado de Pestalozzi, Herbart e Dewey para as práticas pedagógicas escolares. **Revista Teoria e Prática da Educação**, Rio Claro, v. 15, n. 1, p. 105-112, jan./abr. 2012.

CAPÍTULO 2: MAPEAMENTO DE HABILIDADES DOS ESTUDANTES AO RESOLVEREM UMA TAREFA/DESAFIO SOBRE PÊNDULO SIMPLES NO AMBIENTE MATERIAL E VIRTUAL

Mapping of students' skills when solve a task/challenge on a simple pendulum in the material and virtual environment

Silvia Carla Cerqueira Porto, Amanda Amantes

Resumo

O objetivo desse artigo foi investigar quais as estratégias utilizadas pelos estudantes ao realizarem uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples quando apresentada de natureza tradicional e investigativa em dois ambientes distintos: material/virtual. A pesquisa foi aplicada em uma instituição federal. Participaram da pesquisa 237 estudantes, sendo que 112 participaram das intervenções no ambiente material e 125 no ambiente virtual. As respostas obtidas foram analisadas para responder a questão de pesquisa: “Qual o perfil de habilidades inferidas nas respostas fornecidas pelos estudantes de acordo com o tipo de abordagem e o ambiente de ensino?”. Realizamos o teste de *Wilcoxon* para fazer comparações entre os grupos de respondentes. Verificamos que o ambiente material mobilizou mais habilidades associadas ao momento em que o estudante coloca seu conhecimento em ação para realizar a parte procedimental, já o ambiente virtual mobilizou mais a habilidade de natureza interpretativa. Realizamos o teste de *Kruskal-Wallis* para analisar se o fator ambiente material/virtual atuou de maneira diferente no momento em que foram aplicadas as atividades tradicional e investigativa. Verificamos que, tanto o ambiente material como o virtual, promoveu a mobilização de habilidades específicas de maneira diferenciada quando foi aplicada a atividade investigativa. Já quando foi aplicada a atividade tradicional apenas o ambiente material promoveu a mobilização de habilidades específicas.

Palavras-chave: habilidades; ambiente material; ambiente virtual.

Abstract

The aim of this article was to investigate the strategies used by students when performing an experimental practice about the content of Simple Pendulum, when presented in a traditional and investigative nature in two distinct environments: material/virtual. The research was applied in a federal institution. 237 students participated in the research, of which 112 participated in interventions in the material environment and 125 in the virtual environment. The answers obtained were analyzed to answer the research question "What is the profile of skills inferred in the answers provided by the students according to the type of approach and the teaching environment?". We performed the Wilcoxon test to make comparisons between the groups of respondents. We verified that the material environment mobilized more skills associated with the moment when the student puts his knowledge into action to perform the procedural part, inasmuch as the virtual environment mobilized more the skill of interpretive nature. We

performed the Kruskal-Wallis to analyze whether the material/virtual environment factor acted differently at the time the traditional and investigative activities were applied. We verified that both the material and virtual environments promoted the mobilization of specific skills in a differentiated way when the investigative activity was applied. When the traditional activity was applied, only the material environment promoted the mobilization of specific skills.

Keywords: skills; material environment; virtual environment.

Introdução

A realização de práticas experimentais nos laboratórios de Física tem contribuído para o desenvolvimento de habilidades técnicas associadas ao ambiente de laboratório, além de propiciar uma maior interação entre os estudantes (BORGES, 2002). Um dos objetivos associados à realização de práticas experimentais no ambiente de laboratório é que os estudantes possam compreender com maior facilidade a natureza da Ciência associada a cada fenômeno observado (HOHENFELD, 2013). Ou seja, espera-se que o estudante, através da realização da prática experimental, consiga perceber a relação existente entre o fenômeno observado e as teorias científicas existentes (URAL, 2016; WILCOX; LEWANDOWSKI, 2016).

A forma como o ambiente de laboratório é estruturado para a realização da prática experimental e o tipo de ambiente de laboratório que será utilizado dependerá de fatores relacionados a questões estruturais, econômicas, sociais e fatores associados ao tipo de conhecimento que o professor pretende mobilizar nos estudantes (XAVIER, 2018). Apesar de se saber o potencial das práticas experimentais para aprendizagem de conceitos físicos, há uma falta de trabalhos que investiguem quais tipos de habilidades são desenvolvidas nesses ambientes e que, de fato, contribuem para um conhecimento mais formal, científico. Estudos apontam sistematicamente que as práticas experimentais facilitam a aprendizagem de conteúdos abstratos da Física. Podemos citar o estudo desenvolvido por Ojediran, Oludipe e Ehindero (2014), os quais investigaram o impacto devido à aplicação de uma intervenção educacional com uso de práticas experimentais no aprendizado de estudantes do Ensino Médio, com baixo desempenho em Física. Os resultados apontaram que houve diferença significativa no desempenho em Física dos estudantes que participaram da intervenção educacional quando comparados com outra amostra de estudantes que não participou da intervenção.

Ainda, falando do tipo de ambiente de laboratório a ser utilizado, tem-se apontado como estratégia de diversificação de práticas experimentais o uso de laboratórios virtuais. Algumas

vantagens têm sido apontadas para o uso desses ambientes, tais como: a aprendizagem não fica limitada somente ao ambiente da sala de aula; as instruções são mais dinâmicas; proporcionam um ambiente interativo, seguro e que independe do tempo; aos estudantes é dada a oportunidade de interromper, retomar e repetir a prática experimental quantas vezes desejar; a realização da prática experimental pode ocorrer de acordo com a aprendizagem individual de cada estudante (GERSHENSON; GONZALEZ; NEGRETE, 2000; YANG; HEH, 2007; TUYSUZ, 2010; ALTUN *et al.*, 2011; DALGARNO, 2015).

Contudo, estudos apontam que o laboratório material proporciona o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos que não podem ser contemplados no ambiente virtual, tais como: aprimoramento de habilidades psicomotoras; possibilidade de apalpar/tocar nos materiais do laboratório; necessidade de uma postura adequada com o fim de minimizar riscos de acidentes (BUCOS; DRAGULESCU; TERNAUCIUC, 2008; URAL, 2016).

Nessa perspectiva, a coexistência dos laboratórios material e virtual é algo salutar. Para Hohenfeld (2013, p. 123),

Cada laboratório apresenta-se independentemente no contexto de ensino sem que um necessariamente prescindia do outro. Entretanto, por causa da necessidade de completude na compreensão do fenômeno, o uso dos dois modelos favorece o ensino e a aprendizagem, fortalecendo a complementaridade dos laboratórios.

Ainda do ponto de vista de estratégias empregadas em práticas experimentais, existe uma tensão na discussão sobre atividades investigativas e tradicionais. Se por um lado há a defesa de que as atividades tradicionais são limitadas para auxiliar os estudantes no desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem superior, uma vez que os estudantes não conseguem compreender com eficácia a prática experimental, por outro lado as atividades investigativas podem não atender a conhecimentos relativos à sistematização de dados. Também, quando em grandes quantidades, pode ser complicado organizar os estudantes de tal maneira que todos possam participar das discussões referente ao desafio proposto. E, ainda, o professor pode não ter sido instruído quanto ao uso de atividades investigativas durante o seu curso de Graduação e, conseqüentemente, não conseguir e/ou não auxiliar adequadamente os estudantes durante a realização da prática experimental (DONALDSON; ODOM, 2001; AKKUS; GUNEL; HAND, 2007; ARNOLD; KREMER; MAYER, 2014; MOURA *et al.*, 2020).

Dessa maneira, podemos dizer que tanto a abordagem quanto o ambiente de ensino trazem contribuições para a aprendizagem de maneira diferenciada a depender dos objetivos traçados para cada um. É de se esperar que a associação entre ambiente e abordagem favoreça o desenvolvimento de diferentes tipos de habilidades.

Há uma lacuna na literatura sobre quais tipos de habilidades são desenvolvidas quando aplicadas diferentes intervenções (tradicional/investigativa), em distintos ambientes de laboratório: material/virtual. Assim, através do estudo das habilidades inferidas nas respostas dos estudantes para resolver a/o tarefa/desafio, será possível verificar quais estratégias os estudantes utilizam ao resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais, no caso dessa pesquisa o de Pêndulo Simples.

Laboratório Material x Laboratório Virtual

Professores de Ciências do Ensino Fundamental e Médio, na sua grande maioria, consideram que a inserção de aulas práticas no *currículum* contribuirá para a melhoria do ensino das disciplinas integrantes da área das Ciências Naturais (BORGES, 2002). As práticas em laboratório possibilitam a investigação e a descoberta de fenômenos que, muitas das vezes, não ocorrem naturalmente. No contexto educacional, as aulas de laboratório oferecem aos estudantes a oportunidade de realizarem as práticas, desenvolverem e adquirirem habilidades técnicas e científicas, compreensão conceitual e a formação de uma memória de longo prazo (MILLAR; OSBORNE, 1998; HIRDES *et al.*, 2018).

O rápido desenvolvimento tecnológico é um dos fatores que caracterizam os tempos atuais. Com isso, a inserção de recursos computacionais no contexto educacional se mostrou mais promissor (FORTE *et al.*, 2008). Esses recursos, muitas das vezes, são utilizados para auxiliar a realização de aulas experimentais, exercendo um impacto positivo no processo da aprendizagem dos conteúdos de Ciências (MILLAR; OSBORNE, 1998).

O uso de recursos computacionais no ambiente educacional é visto como uma alternativa promissora, para que professores e estudantes possam amenizar os prejuízos inerentes à falta de ambientes de laboratório físico devidamente equipado (laboratório material) e de fácil acesso (BORGES, 2002). Os laboratórios virtuais contribuem para resolver a questão da indisponibilidade do ambiente de laboratório material, permitindo que os estudantes,

independentemente das condições geográficas ou econômicas, possam ter acesso às aulas experimentais (BORGES, 2002; TSOVALTZI *et al.*, 2010).

As ferramentas disponibilizadas no ambiente do laboratório virtual, na sua maioria, são de fácil identificação, manuseio e de acesso gratuito. Esses ambientes possibilitam que o estudante tenha uma visão direta do fenômeno em observação, permitem a interatividade e fornecem resultados adequados. Caso um resultado não seja o esperado ou aceitável, o estudante, individualmente ou em grupo, terá a oportunidade de refazê-lo, podendo assim aprimorar a técnica utilizada na atividade experimental (BUTELER; COLEONI, 2016).

A inserção dos laboratórios virtuais no contexto educacional tem ocorrido de forma que o estudante tenha a possibilidade de interagir com dois ambientes de laboratórios distintos, onde um não suplanta a existência do outro. Ou seja, o laboratório virtual complementa a atuação do laboratório material no ambiente educacional (HOHENFELD, 2013).

Nesse trabalho, em se tratando do laboratório virtual, nosso olhar está voltado para as contribuições que esse ambiente pode oferecer no momento do aprendizado dos estudantes. O desenvolvimento de uma simulação computacional requer investimentos de baixo custo, sendo que, uma vez desenvolvida enquanto ferramenta instrucional, ela pode ser utilizada inúmeras vezes por um grande número de pessoas sem custo adicional. Algumas simulações computacionais podem operar nos modos *on-line* e/ou *off-line*, permitindo assim muitas oportunidades de exploração para os professores e estudantes (GÜTL *et al.*, 2012).

Embora o uso de laboratórios materiais e virtuais tenha servido como importantes ferramentas pedagógicas para os professores, outro desafio está para além do fato de que os estudantes tenham acesso a aulas experimentais. O desafio adicional enfrentado pelos professores tem sido utilizar atividades que promovam o desenvolvimento das habilidades importantes do ponto de vista de conhecimento formal.

Aprendizagem em atividades Tradicionais e Investigativas

Nesse estudo, as atividades experimentais referem-se às práticas experimentais conduzidas nos laboratórios de Física. As principais razões apontadas nas pesquisas para a inserção de práticas experimentais nas disciplinas da área de Ciências Naturais, incluindo Física, são: envolver o estudante na realização da prática experimental, estabelecer uma relação entre a

teoria e a prática, fazer uma ilustração dos conceitos aprendidos nas aulas teóricas, fornecer conhecimento técnico para os estudantes, permitir que eles possam fazer análise de dados e incertezas experimentais, ensiná-los a elaborar relatórios de práticas experimentais e promover nos estudantes a capacidade de desenvolver habilidades de pesquisa (DOMIN, 1999; ETKINA; VAN HEUVELEN, 2007; ABRAHAM, 2011; PARAPPILLY *et al.*, 2013).

A participação de um estudante em uma prática experimental não é garantia que os objetivos pretendidos com a realização da atividade sejam plenamente alcançados. O *design* estabelecido no ambiente de laboratório para a realização da prática experimental é um fator crucial para que determinados objetivos sejam alcançados, sendo que cada tipo específico de *design* levará a resultados distintos (ABRAHAM, 2011; PARAPPILLY *et al.*, 2013).

Nesse estudo, dois tipos, em particular, de *design* foram estabelecidos: 1) realização de uma prática experimental tendo como suporte uma atividade tradicional nos ambientes dos laboratórios material e virtual; 2) realização de uma prática experimental tendo como suporte uma atividade investigativa nos ambientes dos laboratórios material e virtual.

Essas atividades possuem peculiaridades específicas. O **Quadro 21**, a seguir, expõe de forma sucinta algumas dessas peculiaridades apresentadas por Domin (1999) e Wenning (2005):

Quadro 21 – Atividades Tradicionais x Atividades Investigativas

Atividades Tradicionais	Atividades Investigativas
<ul style="list-style-type: none"> • As instruções devem ser seguidas criteriosamente pelos estudantes. • Os estudantes realizam a prática experimental com o objetivo de confirmar conhecimentos teóricos (conceitos) aprendidos na sala de aula. • Os estudantes coletam e interpretam os dados obtidos, na busca de resultados previamente conhecidos. • São determinadas quais variáveis devem ser alteradas e quais devem se manter constantes. • O erro, associado à realização da prática experimental, geralmente não é discutido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes têm a oportunidade de utilizar a própria criatividade. • Os questionamentos conduzem o estudante a se envolver na prática experimental. • Os estudantes coletam e interpretam os dados obtidos, na busca de resultados, cuja validade é verificada. • Os estudantes devem identificar quais são as variáveis que devem ser alteradas e quais as que devem se manter constantes, uma vez que depende do nível de abertura do problema. • O questionamento do erro experimental se constitui em uma oportunidade de aprendizado.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Domin (1999) e Wenning (2005) (2022)

Abraham *et al.* (1997) desenvolveram um estudo em que foi destacada a capacidade que as atividades tradicionais têm de enfatizar o conhecimento factual e o desenvolvimento de habilidades procedimentais. Apesar de existirem pesquisas que destacam vantagens associadas ao uso de atividades tradicionais no ambiente de laboratório, outros estudos têm apontado que o uso

recorrente desse tipo de atividade no ambiente acadêmico tem trazido poucas contribuições para a compreensão conceitual dos estudantes.

Nesse sentido, podemos destacar: Binns, Smetana e Binns (2005) aponta que, apesar de ser uma atividade significativa e envolvente, não apresenta aos estudantes uma questão de pesquisa, onde eles precisarão analisar os dados obtidos à procura de uma resposta coerente e válida; Haigh *et al.* (2005) concluíram que o uso de atividades tradicionais, na maioria dos casos, contribui para a validação ou confirmação de um princípio ou teoria científica; eles ainda sugerem a elaboração de atividades cujo objetivo fosse abrangente no sentido de fornecer aos estudantes uma melhor compreensão da natureza da Ciência; para Gallet (1998), a aplicação de uma atividade tradicional contribui para uma limitada compreensão conceitual; para Banchi e Bell (2008), o uso de atividades tradicionais tem se mostrado insuficiente para melhorar a qualidade de pensamento dos estudantes; ainda para eles, os estudantes precisam experimentar ciências, praticando consistentemente as habilidades de investigação na busca de uma compreensão mais profunda do conteúdo científico investigado; para Wheeler e Bell (2012), a resolução de uma atividade tradicional envolve pouco pensamento dos estudantes – não promove o desenvolvimento de uma mentalidade indagadora.

Por outro lado, em relação às atividades investigativas, alguns autores defendem que elas incorporam algumas práticas científicas de hipótese, observação, explicação e avaliação. Atividades desse tipo podem contribuir para mudanças de pensamento e de habilidades dos estudantes, promovendo o desenvolvimento do conhecimento científico (WENNING, 2005; WHEELER; BELL, 2012).

Pesquisadores como Hofstein e Lunetta (2003) argumentam que a aplicação de uma atividade investigativa pode contribuir para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, sendo que os objetivos associados ao processo de aprendizagem devem compreender não só o aprendizado conceitual e procedimental, como também deve promover o desenvolvimento de habilidades de pensamento dos estudantes.

Desenvolvimento de Habilidades

Muitos estudantes têm dificuldades para resolver atividades de Física. Essas dificuldades muitas das vezes estão associadas ao caráter particular que cada atividade apresenta. As

habilidades apresentadas pelos estudantes, ao resolverem atividades de Física, dependem da forma como esses estudantes estruturam e utilizam seus conhecimentos (SUYUDI; BATLOLONA, 2018).

Podemos definir dois tipos específicos de conhecimento científico comumente mobilizados/acessados no ambiente escolar: 1) conhecimento do conteúdo também chamado de declarativo, que abarca fatos, princípios, teorias, leis e modelos conceituais que são necessários que o estudante tenha compreensão; 2) conhecimento de habilidades de processo (procedimental), que envolve as técnicas utilizadas nos diferentes ramos das Ciências Naturais, como: observar, medir e elencar hipóteses. Esses dois tipos de conhecimentos são considerados fundamentais para que o estudante possa não só compreender conceitos científicos como também utilizá-los ao realizarem práticas experimentais (HIRÇA, 2013).

Assim sendo, o ensino dos conteúdos referentes à disciplina de Física abrange aspectos teóricos baseados em princípios físicos, bem como uma abordagem empírica com utilização de práticas experimentais (SAYYADI; HIDAYAT; MUHARDJITO, 2016). Nesse estudo, em particular, a ênfase será dada à abordagem empírica utilizada no ensino de Física.

Algumas controvérsias existem sobre a capacidade que as práticas experimentais têm de desenvolver habilidades relacionadas com o pensamento científico (HANIF; SNEDDON; REID, 2009). Para Holmes, Wielman e Bonn (2015), aos estudantes não basta somente que se ensinem as habilidades relacionadas com a prática experimental, é necessário que eles aprendam como utilizar essas habilidades no momento em que colocam seu pensamento em ação. Assim, esses estudantes atuarão de maneira autônoma com o seu conhecimento durante a realização da prática experimental. Estudos como o realizado por Al Ahmadi (2008) investigaram o modo como essas habilidades podem ser ensinadas e avaliadas no contexto da disciplina de Física. Foi verificado que o modo como o conteúdo científico é ensinado pode impactar, de maneira positiva ou negativa, no desenvolvimento das habilidades de pensamento científico.

Segundo Werner da Rosa (2003), a realização de uma prática experimental, com auxílio de uma atividade tradicional (roteiro), contribui para que os estudantes possam desenvolver e explicitar habilidades específicas relacionadas com o manuseio dos equipamentos (*kits* experimentais ou simulação computacional). Assim, os estudantes desenvolvem uma sequência de passos pré-estabelecidos, obtendo resultados que culminarão em uma resposta final específica. Quanto ao uso de atividades de natureza investigativa durante a realização de uma prática

experimental, pesquisadores como Carvalho (2013) e Zompero, Gonçalves e Laburú (2017) apontam que atividades dessa natureza podem contribuir para que os estudantes despertem o raciocínio e o uso de habilidades associadas à capacidade de analisar os dados obtidos, na busca da compreensão do fenômeno físico observado. Ou seja, baseado em evidências científicas, os estudantes irão elaborar argumentos conclusivos que os capacitem a entender a natureza da Ciência (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Método

Contamos com as respostas de 112 estudantes que participaram da atividade experimental no ambiente material (65 estudantes fizeram a atividade investigativa e 47 a atividade tradicional) e as respostas de 125 estudantes que participaram no ambiente virtual (65 estudantes fizeram a atividade investigativa e 60 a atividade tradicional).

Elaboração do Sistema Categórico

Construímos um Sistema Categórico para examinar as estratégias utilizadas pelos estudantes a partir da classificação das habilidades demandadas por cada item em particular. Assim, precisaríamos identificar qual o tipo de habilidade que cada item demandava. Para a construção das categorias de habilidades, alguns critérios foram seguidos: as categorias elencadas abarcariam o maior número de habilidades possíveis, de forma que não teríamos habilidades contempladas por mais de uma categoria; não teríamos categorias de habilidades semelhantes; não deveriam existir itens cuja habilidade demandada não seria contemplada por uma das categorias elencadas no Sistema Categórico; por fim, as categorias de habilidades deveriam manter uma coerência entre si, ou seja, seriam lógicas.

Iniciamos a construção do Sistema Categórico elencando dois tipos de categorias: a primeira definindo a natureza do item analisado, e a segunda o tipo de habilidade demandada por cada item em particular.

Natureza dos itens

Inicialmente verificamos o formato dos itens constantes no roteiro e na atividade investigativa. Verificamos que existiam itens com um formato dicotômico e outros em um formato discursivo (mais aberto). Definimos como itens de formato dicotômico aqueles cujo enunciado determinava os procedimentos a serem adotados pelos estudantes. Já os itens considerados de formato mais aberto envolviam aqueles cujo enunciado não continha uma prescrição que determinasse a forma de resolução a ser adotada pelo estudante. Para o roteiro, identificamos dois itens de formato dicotômico e outros dois de formato mais aberto. Na atividade investigativa identificamos que todos os itens eram de formato mais aberto.

Na sequência, utilizamos o método de análise exploratória para verificarmos a natureza dos itens do roteiro e da atividade investigativa. Identificamos itens de natureza procedimental e de natureza interpretativa. Classificamos como itens de natureza procedimental aqueles que solicitavam que o estudante colocasse o seu conhecimento em ação, no sentido de expressar o saber fazer. E classificamos como itens de natureza interpretativa aqueles que solicitavam que o estudante avaliasse se o resultado obtido era coerente ou não, de acordo com as condições estabelecidas e os pressupostos teóricos existentes. Dessa forma, os itens foram classificados segundo a ação solicitada por eles. O **Quadro 22**, a seguir, apresenta exemplos de itens de natureza procedimental e de natureza interpretativa.

Quadro 22 – Exemplos de itens de natureza procedimental/interpretativa

Natureza da atividade/item	Enunciado do item	Exemplo de resposta
Tradicional/Procedimental	Determine o valor médio do período ($T_{médio}$). $T_{médio} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$ $T_{médio} =$	“ $g = 4 \cdot (3,1416)^2 \cdot 1,5/2,45^2$ $g = 4,9,8696 \cdot 1,5/6,0085$ $g = 39,4784 \cdot 0,2499$ $g = 9,8656 \text{ m/s}^2$.” (Estudante 09; 1ºED01 ATV)
Tradicional/Interpretativo	Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.	“ $g = 10$ $g = 8,3881$ diferença = 1,6119 A gravidade pode variar deste modo devido aos manuseadores que não medem de forma 100% correta alterando o valor real da gravidade com o encontrado.” (Estudante 03; 6812 ATM)
Investigativa/Procedimental	Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?	“O grupo realizou o experimento no simulador com os seguintes dados: massa=1kg, período= 3 segundos,

Natureza da atividade/item	Enunciado do item	Exemplo de resposta
		comprimento=2m, $\pi=3,14$. utilizando a fórmula $T=2\pi\sqrt{l/g}$ com o objetivo de achar a gravidade.” (Estudante 05; 6813 AIV)
Investigativa/Interpretativo	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	“A falta de precisão da medida.” (Estudante 01; 1º ED02 AIM)

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Tipo de habilidade demandada pelo item

Utilizamos o método de análise exploratória para identificar o tipo de habilidade demandada pelos itens do roteiro e da atividade investigativa. Identificamos itens que demandavam habilidades do tipo dicotômico (possui/não possui), e itens que demandavam mais de um tipo específico de habilidades. No total, oito tipos de habilidades específicas foram identificados: sete de natureza procedimental e uma de natureza interpretativa.

Ao iniciarmos o processo de categorização das respostas, verificamos que existiam itens que demandavam mais de um tipo de habilidade específica e que itens diferentes – pertencentes ao roteiro ou à atividade investigativa – demandavam habilidades iguais. Daí, decidimos por refinar o Sistema Categórico construído.

O segundo Sistema Categórico construído possuía habilidades gerais (procedimental/interpretativa) e habilidades específicas. Para a classe procedimental, foram identificados cinco tipos de habilidades específicas: 1) habilidade em executar medidas; 2) habilidade em fazer cálculo de média; 3) habilidade em resolver equações matemáticas; 4) habilidade em aplicar regras matemáticas; 5) habilidade em propor a solução do problema¹⁹. Já para a classe interpretativa foi identificado um único tipo de habilidade específica: habilidade de verificar (examinar) a validade da resposta encontrada. O conjunto de categorias de habilidades, elencado no Sistema Categórico, pôde ser atribuído para avaliar os itens do roteiro e da atividade investigativa.

O **Quadro 23**, a seguir, apresenta exemplos de itens e categorias de habilidades demandadas.

¹⁹ Habilidade específica da atividade investigativa.

Quadro 23 – Item x habilidades demandadas


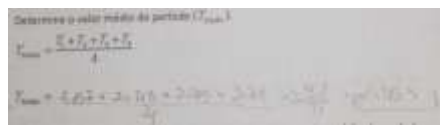
Item	Habilidades demandadas pelo item comuns das duas atividades: tradicional/investigativa	Rubrica	Descrição	Habilidade demandada específica da atividade investigativa	Rubrica	Descrição
Procedimental	Executar Medidas	EXM	É verificada quando o estudante demonstra que coletou as medidas adequadamente. Isso é avaliado a partir da coerência dos números reportados – se eles correspondem a medidas de tempo próximas.	Propor a Solução do Problema	PSP	É verificada quando o estudante expressa a escolha de uma estratégia para executar a parte procedimental e a parte algébrica. Isso é avaliado a partir da verificação do uso de processo de automatização de sequência de passos em rotinas.
	Fazer Cálculo de Médias	FCM	É verificada quando o estudante demonstra que conseguiu aplicar regras de média aritmética. Isso é avaliado através da verificação da execução da média dos tempos de oscilação, aplicando a equação de médias e calculando corretamente a média.			
	Resolver Equações Matemáticas	EQM	É verificada quando o estudante demonstra que conseguiu identificar a equação a ser usada. Isso é avaliado através da verificação do uso adequado da ferramenta matemática e da realização do cálculo solicitado.			
	Aplicar Regras Matemáticas	ARM	É verificada quando o estudante demonstra ter a capacidade de manipular os	--	--	--

Item	Habilidades demandadas pelo item comuns das duas atividades: tradicional/investigativa	Rubrica	Descrição	Habilidade demandada específica da atividade investigativa	Rubrica	Descrição
			algarismos significativos com fins de arredondamento e utilização do Sistema Internacional (SI). Isso é avaliado a partir da verificação da resposta final fornecida pelo estudante.			
Interpretativo	Verificar(examinar) a Validade da Resposta Encontrada	VRE	É verificada quando o estudante compara o valor encontrado com o valor definido teoricamente/o estudante identifica e quantifica as fontes de erros de medidas. Isso é avaliado a partir do momento em que o estudante expressa, por meio da escrita, que revisou os passos executados e o resultado calculado.	--	--	--

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

As categorias de habilidades apresentadas no **Quadro 24** foram usadas para verificar se a habilidade estava presente ou não na resposta fornecida para cada item da/o tarefa/desafio proposto. Se a habilidade estava presente, classificamos como 1(um) e se estava ausente como 0 (zero). O **Quadro 24**, abaixo, apresenta um recorte do Sistema Categórico utilizado, juntamente com exemplos da categorização feita.

Quadro 24 – Recorte do Sistema Categórico utilizado na análise dos dados

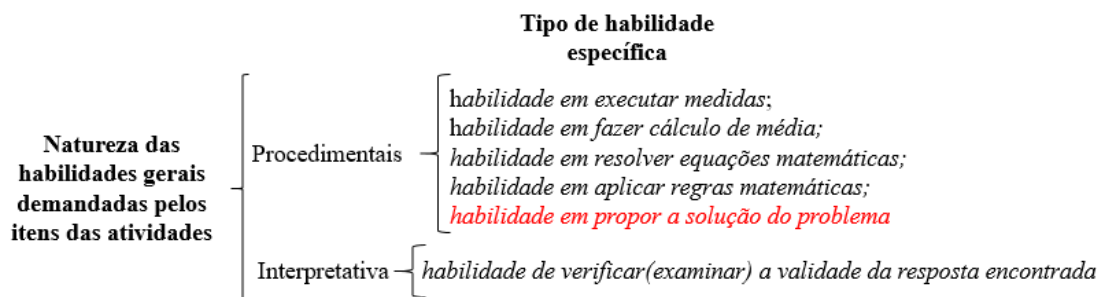
Natureza da atividade	Ambiente de aplicação	Enunciado do item	Habilidades demandadas pelo item	Exemplo de resposta categorizada
Tradicional	Material	Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.	Habilidade em Executar Medidas; (EXM)	 (Estudante 04, 6812, ATM)
	Virtual	Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.	Habilidade em Fazer Cálculo de Média (FCM)	 (Estudante 24, 1821, ATV)
Investigativa	Material	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	Habilidade de Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)	“Nossas medições não são exatas, logo, não estamos isentos de erros.” (Estudante 10, 2º ED, AIM)
	Virtual	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	Habilidade de Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)	“Os valores não foram exatos por conta das aproximações.” (Estudante 18, 1º EL03, AIV)

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nota: Leia: **ATM** (Atividade tradicional material); **ATV** (Atividade Tradicional Virtual); **AIM** (Atividade Investigativa Material) e **AIV** (Atividade Investigativa Virtual).

O modelo de habilidades exposto a seguir (**Figura 12**), traz uma descrição sucinta do tipo de habilidade demandada de acordo com o tipo de atividade: tradicional x investigativa.

Figura 12 – Modelo de Habilidades



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A **Figura 12** mostra que itens do roteiro e da atividade investigativa demandaram habilidades de natureza procedimental e interpretativa. A única diferença encontrada é que a habilidade Propor a Solução do Problema (**PSP**) foi demandada apenas pela atividade investigativa.

No momento em que avaliamos os itens da atividade de natureza investigativa, verificamos que alguns itens deveriam ser agrupados para que apresentassem uma maior semelhança de habilidades demandadas com os itens elaborados para a atividade de natureza tradicional. O **Quadro 25**, a seguir, apresenta o agrupamento de itens da atividade investigativa realizada:

Quadro 25 – Agrupamento de itens da atividade investigativa

Atividade investigativa aplicada na coleta de dados	Atividade investigativa com itens agrupados
Desafio 4 (D4): Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?	Desafio 4 (D4): Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?
D4I1 : Como o grupo resolveu este problema? e D4I2 : Qual o valor encontrado?	D4I1/D4I2 : Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?
D4I3 : Está próximo do valor esperado? e D4I4 : Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	D4I3/D4I4 : Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Descrição da frequência normalizada

Feita a classificação de acordo com o sistema de habilidades explicitado a partir de uma *checklist*, as categorias foram convertidas em códigos numéricos para a análise de dados. Foi obtida uma matriz dicotômica que representa a identificação da presença (*score* 1) ou não (*score* 0) das habilidades demandadas pelos itens e inferidas nas respostas. A partir dessa matriz, foi feita uma análise de frequência de categorias utilizando *score* normalizado.

Análise e Resultados

Perfil das habilidades

Nessa parte do trabalho é respondida a questão: “Qual o perfil de habilidades inferidas nas respostas fornecidas pelos estudantes de acordo com o tipo de abordagem e o ambiente de ensino?”. Os dados coletados foram separados de acordo com o ambiente de aplicação da atividade experimental.

Para proceder com a análise, foi feito um pareamento de itens separando as amostras de acordo com o ambiente de ensino em que a atividade experimental ocorreu, conforme apresentado no **Quadro 25**:

Quadro 26 – Pareamento de itens de acordo com o ambiente de ensino: virtual e material

Investigativa			Tradicional		
Rubrica do Item	Descrição sucinta do item	Ambiente	Rubrica do Item	Descrição sucinta do item	Ambiente
D4I1 D4I2	- Como o grupo resolveu o problema e qual o valor encontrado?	Virtual	T5I1 T5I2 T5I3	- Tabela para inserção dos tempos de oscilação e cálculo do período. - Determinar o valor médio do período. - Utilizando a equação, calcule o valor da gravidade.	Virtual
		Material			Material
D4I3 D4I4	- Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e valor encontrado?	Virtual	T5I4	- Compare o valor da aceleração da gravidade encontrado com o valor esperado.	Virtual
		Material			Material

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Uma vez realizado o pareamento de itens, dividimos a análise em três estudos para responder à pergunta feita anteriormente. São eles:

Estudo 1: Há diferença quando feita uma comparação geral em relação ao ambiente em que a atividade (tradicional/investigativa) foi realizada?

Para responder a essa pergunta, utilizamos as respostas dos 237 estudantes (112 que resolveram a prática experimental no ambiente material e 125 que resolveram no ambiente virtual). Separamos os dados em dois grupos, de acordo com o ambiente de realização da prática experimental. Aplicamos o teste de *Wilcoxon* para comparar as médias das duas amostras relacionadas (dependentes), comparando-as par a par. Queríamos ver se existia

diferença significativa entre as duas amostras de respondentes. O teste de *Wilcoxon* é o correspondente ao teste *t* não pareado. No caso, não aplicamos o teste *t* não pareado porque ele é ideal para analisar variações em um mesmo conjunto de dados. O teste estatístico não paramétrico foi realizado no *software Statistical Package for Social Science for Windows* (SPSS) (IBM_CORP, 2011). O **Quadro 27** nos mostra os resultados encontrados para o teste de *Wilcoxon*.

Quadro 27 – Comparação Geral – Teste Estatístico

	PSP_IM - PSP_IV	EXM_IM - EXM_IV	FCM_IM - FCM_IV	ARM_IM - ARM_IV	EQM_IM - EQM_IV	VRE_IM - VRE_IV	EXM_TV - EXM_TM	FCM_TV - FCM_TM	ARM_TV - ARM_TM	EQM_TV - EQM_TM	VRE_TV - VRE_TM
Z	-1,000 ^b	-1,604 ^c	-0,632 ^c	-1,807 ^c	-1,000 ^b	-3,400 ^b	-1,000 ^b	-3,838 ^b	-0,966 ^b	-0,632 ^b	-1,606 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,32	0,11	0,53	0,07	0,32	0,00	0,34	0,00	0,33	0,53	0,11

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Notas: *Ranks* Teste de *Wilcoxon*.

Com base em classificações negativas.

Com base em classificações positivas.

Os resultados apresentados no **Quadro 27** nos indicam que:

Para as categorias de habilidades **ARM** e **VRE**, referente à atividade investigativa, é verificada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as amostras que realizaram a atividade no ambiente material e no ambiente virtual (ARM ($Z = -1,807^c$; $p = 0,07$) e VRE ($Z = -3,400^b$; $p = 0,00$)). O ambiente virtual mobilizou mais a explicitação da habilidade **ARM**. Em contrapartida, o ambiente material mobilizou mais a explicitação da habilidade **VRE**.

Para as categorias de habilidades **PSP**, **EXM**, **FCM** e **EQM**, referentes à atividade investigativa, não verificamos diferença estatisticamente significativa (PSP ($Z = -1,000^b$; $p = 0,32$)), (EXM ($Z = -1,604^c$; $p = 0,11$)), (FCM ($Z = -0,632^c$; $p = 0,53$)) e (EQM ($Z = -1,000^b$; $p = 0,32$)).

Para a categoria de habilidade **FCM**, referente à atividade tradicional, é verificada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as amostras que realizaram a atividade no ambiente material e no ambiente virtual (FCM ($Z = -3,838^b$; $p = 0,00$)). O ambiente

material mobilizou mais essa categoria de habilidade quando comparado com o potencial de mobilização do ambiente virtual.

Para as categorias de habilidades **EXM**, **ARM**, **EQM** e **VRE**, referentes à atividade tradicional, não verificamos diferença estatisticamente significativa (EXM ($Z = -1,000^b$; $p = 0,34$)), (ARM ($Z = -0,966^b$; $p = 0,33$)), (EQM ($Z = -0,632^b$; $p = 0,53$)) e (VRE ($Z = -1,606^c$; $p = 0,11$)).

A comparação entre os pares indicou que o ambiente material e o virtual atuaram na mobilização das habilidades dos estudantes de maneira diferente. Para as intervenções com atividade investigativa, houve a mobilização de habilidades do tipo procedimental no ambiente material, e interpretativa no ambiente virtual. Já para as intervenções com atividade tradicional, só o ambiente material atuou na mobilização de habilidades – procedimentais.

Estudo 2: Há diferença dos *ranks* de cada habilidade em relação à abordagem (Investigativa *versus* Tradicional), quando a atividade é realizada no ambiente material?

Para responder a essa pergunta, utilizamos as respostas dos 112 estudantes que resolveram a prática experimental no ambiente material. Realizamos o teste não paramétrico de diferenças *Kruskal-Wallis* (amostras independentes), correspondente ao teste paramétrico ANOVA, para compararmos as medianas entre os grupos. Queríamos avaliar se existia diferença entre as duas amostras. O teste estatístico não paramétrico foi realizado no *software Statistical Package for Social Science for Windows* (SPSS) (IBM_CORP, 2011). O **Quadro 28** nos mostra os resultados encontrados para o teste de *Kruskal-Wallis*.

Quadro 28 – Teste Estatístico: Abordagem Material

	EXMM	FCMM	ARMM	EQMM	VREM
Qui-quadrado	10,62	32,79	7,38	8,69	5,65
Df	1	1	1	1	1
Asymp. Sig	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Notas: Teste de *Kruskal Wallis*.

Variável de agrupamento: AbordM.

Os resultados apresentados no **Quadro 28**, nos mostra que as diferenças em pares indicam que o ambiente material mobilizou mais as categorias de habilidades EXMM [$X^2(1) = 10,62$; $p < 0,05$], FCMM [$X^2(1) = 32,79$; $p < 0,05$], ARMM [$X^2(1) = 7,38$; $p < 0,05$], EQMM [$X^2(1) = 8,69$; $p < 0,05$] e VREM [$X^2(1) = 5,65$; $p < 0,05$]. Assim, as comparações em pares – teste *Post Hoc* – mostraram que para as categorias de habilidade **EXMM**, **FCMM**, **ARMM**, **EQMM** e **VREM** o ambiente material influenciou no momento em que essas habilidades foram mobilizadas, na seguinte proporção: EQMM > VREM > EXMM > FCMM > ARMM.

Os resultados encontrados mostraram que o ambiente material mobilizou nos estudantes, durante a realização da prática experimental, habilidades do tipo procedimental e interpretativas.

Estudo 3: Há diferença dos *ranks* de cada habilidade em relação à abordagem (Investigativa versus Tradicional), quando a atividade é realizada no ambiente virtual?

Para responder a essa pergunta, utilizamos as respostas dos 125 estudantes que resolveram a prática experimental no ambiente virtual. Realizamos o teste não paramétrico de diferenças *Kruskal-Wallis* (amostras independentes) da mesma forma que no estudo anterior. O teste estatístico não paramétrico foi realizado no *software Statistical Package for Social Science for Windows* (SPSS) (IBM_CORP, 2011). O **Quadro 29** nos mostra os resultados.

Quadro 29 – Teste Estatístico Abordagem Virtual

	EXMV	FCMV	ARMV	EQMV	VREV
Qui-quadrado	7,26	77,76	6,41	3,13	0,49
Df	1	1	1	1	1
Asymp. Sig	0,01	0,00	0,01	0,08	0,48

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Notas: Teste de *Kruskal-Wallis*

Variável de agrupamento: AbordV

No Quadro 28, identificamos que, pelas diferenças em pares, o ambiente virtual promoveu uma diferença na mobilização das categorias de habilidades EXMV [$X^2(1) = 7,26$; $p < 0,05$], FCMV [$X^2(1) = 77,76$; $p < 0,05$] e ARMV [$X^2(1) = 6,41$; $p < 0,05$]. As comparações em pares – teste *Post Hoc* – mostraram que, para as categorias de habilidade EXMV, FCMV e ARMV, o ambiente virtual demandou a mobilização de habilidades de forma diferente do ambiente material, sendo que $EXMV > FCMV > ARMV$. Já para as categorias de habilidades EQMV e VREV, os resultados apresentados mostraram que o ambiente virtual não apresentou demanda de habilidades diferentes da do ambiente material EQMV [$X^2(1) = 3,13$; $p > 0,05$] e VREV [$X^2(1) = 0,49$; $p < 0,05$].

Os resultados encontrados mostraram que o ambiente virtual mobilizou nos estudantes, durante a realização da prática experimental, habilidades do tipo procedimental.

Considerações Finais

Os resultados desse estudo nos mostram que os laboratórios, material e virtual, têm o potencial de mobilizar nos estudantes habilidades científicas quando utilizadas atividades tradicionais/investigativas. Esse resultado é importante, pois reforça o argumento de complementaridade entre os dois ambientes, defendido por Hohenfeld (2013). Apesar de a prática experimental ter sido sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, o professor poderá utilizar os resultados obtidos nessa pesquisa e aplicar intervenções utilizando outro conteúdo formal.

Como implicação direta para o ensino, os resultados encontrados propõem que, se o professor deseja utilizar uma prática experimental para ensinar conteúdos formais e dispõe de um laboratório material e outro virtual, ele deve fazer uma avaliação: se o objetivo é mobilizar nos estudantes habilidades procedimentais específicas, ele pode apresentar a prática experimental na forma de atividade tradicional/investigativa no ambiente material; se o propósito é mobilizar habilidades interpretativas, ele pode apresentar a prática experimental no ambiente virtual na forma de atividade investigativa.

Se o professor deseja utilizar uma prática experimental para ensinar conteúdos formais e dispõe de um laboratório material, a prática experimental pode ser expressa na forma de atividade tradicional ou investigativa. O fator a ser ponderado pelo professor está no tipo de habilidade específica que deseja mobilizar nos estudantes, sendo que o ambiente material favorece mais a mobilização de determinadas habilidades procedimentais.

Se o professor deseja utilizar uma prática experimental para ensinar conteúdos formais e dispõe de um laboratório virtual, a prática experimental pode ser expressa na forma de atividade tradicional ou investigativa. O fator a ser ponderado pelo professor está no tipo de habilidade específica que deseja mobilizar nos estudantes. Se o professor deseja que sejam mobilizadas as categorias de habilidade associadas ao uso da ferramenta matemática e à verificação da resposta encontrada, a intervenção no ambiente virtual não é adequada.

Esses resultados são importantes, pois é um indicativo de que o ambiente de ensino e o tipo de atividade, em conjunto, promovem a mobilização de habilidades distintas a depender da combinação. Avaliar em que medida o tipo de intervenção (atividade/ambiente) interferem no desempenho e na explicitação de habilidades dos estudantes dará ao professor maior evidência no momento da escolha de qual tipo de metodologia ser utilizada.

Referência

- ABRAHAM, M. R. The nature and state of general chemistry laboratory courses offered by colleges and universities in the United States. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 74, p. 591-594, 1997.
- ABRAHAM, M. R. What can be learned from laboratory activities? Revisiting 32 years of research. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 88, p. 1020-1025, 2011.
- AKKUS, R.; GUNEL, M.; HAND, B. Comparing an inquiry-based approach known as the science writing heuristic to traditional science teaching practices: are there differences? **International Journal of Science Education**, London, v. 29, n. 14, p. 1745-1765, 2007.
- AL AHMADI, F. M. A. **The development of scientific thinking with senior school physics students**. PhD Thesis Glasgow University, Glasgow, 2008. Disponível em: <https://theses.gla.ac.uk/241/>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- ALTUN, E. H. *et al.* Development of interactive virtual chemistry laboratory enriched by constructivist learning activities for high school. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], v. 1, p. 1895-1898, 2009.
- ALVIM, T. R. **Desenvolvimento de habilidades técnicas em um laboratório escolar de química**. 2009. 131 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- ARNOLD, J. C.; KREMER, K.; MAYER, J. Understanding students' experiment: what kind of support do they need in inquiry tasks? **International Journal of Science Education**, London, v. 36, n. 16, p. 2719-2749, 2014.
- BANCHI, H.; BELL, R. The Many Levels of Inquiry. **Science and Children**, Arlington, v. 46, n. 2, p. 26-29, 2008.
- BELL, R.; SMETANA, L.; BINNS, I. Simplifying inquiry instruction. **Science Teacher**, [S. l.], v. 72, n. 7, January, 2005.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BUCOS, M. C.; DRAGULESCU, B.; TERNAUCIUC, A. Developing virtual labs at “politehnica” University of Timisoara. **Paper Presented at the Interactive Conference on Computer Aided Learning**, 2008.
- BUTLER, L.; COLEONI, E. Solving problems to learn concepts, how does it happen? A Case for Buoyancy. **Physical Review Physics Education Research**, EUA, v. 12, n. 2, p. 020144. 2016.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENGAGE Learning, 2013.

DALGARNO, B. A VRML **Virtual chemistry laboratory incorporating reusable prototypes for object manipulation**. 2015. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.125.3691&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.

DOMIN, D. S. A Review of Laboratory Instruction Styles. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 76, n. 4, p. 543, 1999.

DONALDSON, N. L.; ODOM, A. L. What makes swing time? A directed inquiry-based lab assessment. **Science Activities: Classroom projects and curriculum ideas**, London, v. 38, n. 2, 29-33, 2001.

ETKINA, E.; VAN HEUVELEN, A. Investigative science learning environment : a science process approach to learning physics. *In*: REDISH, E. F.; COONEY, P. (eds.). **Research - Based Reform of University Physics**. [S. l.]: AAPT, 2007. pp. 1-48. Disponível em: https://per-central.org/per_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf. Acesso em: 2 jun. 2020.

FORTE, C. *et al.* Implementação de laboratórios virtuais em realidade aumentada para educação à distância. *In*: 5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2008. **Anais [...]**. Bauru, São Paulo, UNESP, 19 a 21 de novembro de 2008.

GALLET, C. Problem-solving teaching in the chemistry laboratory: Leaving the cooks. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 75, n. 1, p. 72-77, 1998.

GERSHENSON, C.; GONZALEZ, P. P.; NEGRETE, J. Thinking adaptive: towards a behaviours virtual laboratory. Paper Presented at the 6. **International Conference on the Simulation of Adaptive**, Paris, 2000.

GÜTL, C. *et al.* Towards an immersive virtual environment for physics experiments supporting collaborative settings in higher education. *In*: AZAD, A. K. M.; AUER, M. E.; HARWARD, V. J. (eds.). **Internet accessible remote laboratories: scalable e-learning tools for engineering and science disciplines**. EUA: IGI Global, 2012. p. 543-562.

HAIGH, M.; FRANCE, B.; FORRET, M. Is “doing science” in New Zealand classrooms an expression of scientific inquiry? **International Journal of Science Education**, London, v. 27, n. 2, p. 215-226, 2005.

HANIF, M.; SNEDDON, P.; REID, N. The perceptions, views and opinions of university students about physics learning during undergraduate laboratory work. **European Journal of Physics**, [on-line], v. 30, 2009.

HIRDES, J. P. *et al.* Measuring health related quality of life (HRQoL) in community and facility-based care settings with the interRAI assessment instruments: development of a crosswalk to HUI3. **Quality of Life Research**, Switzerland, v. 27, p. 1295-1309, 2018.

HIRÇA, N. The Influence of Hands On Physics Experiments on Scientific Process Skills Segundo as Prospective Teachers' Experiences. **European Journal of Physics Education**, [on-line], n. 4, p. 1-9, 2013.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, [on-line], v. 88, n. 1, p. 28-54, 2003.

HOHENFELD, D. P. **A natureza quântica da luz nos laboratórios didáticos convencionais e computacionais no ensino médio**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

HOLMES, N. G.; WIEMAN, C. E; BONN, D. A. Teaching critical thinking. **Proceeding Academy National of Science**, USA, v. 12, n. 36, p. 11199-204, September, 2015.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: Science education for the future**. London: King's College London, 1998.

MOURA, A. *et al.* Limites e possibilidades encontrados por professores ao trabalharem com atividades investigativas nas aulas de ciências: o que as pesquisas apontam? **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 13, 2020.

OJEDIRAN, I.; OLUDIPE, D.; EHINDERO, O. Impact of laboratory-based instructional intervention on the learning outcomes of low performing senior secondary students in physics. **Creative Education**, [on-line], v. 5, p. 197-206, 2014.

PARAPPILLY, M. *et al.* An inquiry-based approach to laboratory experiences: investigating students' ways of active learning. **International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education**, [S. l.], v. 21, p. 42-53, 2013.

SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SAYYADI, M.; HIDAYAT, A.; MUHARDJITO, M. Pengaruh strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dan terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika pada materi suhu dan kalor dilihat dari kemampuan awal siswa. **Jurnal Inspirasi Pendidikan**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 866-875, 2016.

SUYUDI, A.; BATLOLONA, J. R. Students' problem solving skills of physics on the gas kinetic Theory Material. **Journal of Education and Learning (EduLearn)**, Indonesia, v. 12, p. 319-324, maio 2018.

TSOVALTZI, D. *et al.* Extending a Virtual Chemistry Laboratory. **International Journal of Technology Enhanced Learning**, [on-line], v. 2, p. 91-110, 2010

TUYSUZ, C. The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. **International Online Journal of Educational Sciences**, [on-line], v. 2, n. 1, p. 37-53, 2010.

URAL, E. The effect of guided-inquiry laboratory experiments on science education students' chemistry laboratory attitudes, anxiety and achievement. **Journal of Education and Training Studies**, Beaverton, EUA, v. 4, p. 217-227, 2016.

WENNING, C. J. Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. **Journal of Physics Teacher Education Online**, [on-line], v. 2, n. 3, p. 3-11, 2005.

WERNER DA ROSA, C. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na universidade de Passo Fundo. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, [on-line], v. 5, n. 2, p. 13-27, 2003.

WHEELER, L.; BELL, R. Open-ended inquiry: practical ways of implementing inquiry in the chemistry classroom. **Science Teacher**, [S. l.], v. 79, p. 32-39, 2012.

WILCOX, B.; LEWANDOWSKI, H. Open-ended versus guided laboratory activities: impact on students' beliefs about experimental physics. **Physical Review Physics Education Research**, EUA, v. 12, 020132, 2016.

XAVIER, A. P. **Laboratório virtual versus laboratório material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. 2018. 221 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

ZOMPERO, A. de F.; GONÇALVES, C. E. de S.; LABURÚ, C. E. Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 23, n. 2, p. 419-436, 2017.

YANG, K. Y.; HEH J. S. The impact of internet virtual physics laboratory instruction on the achievement in physics, science process skills and computer attitudes of 10th grade students. **Journal of Science Education and Technology**, Switzerland, v. 16, p. 451-461, 2007.

CAPÍTULO 3: EMPREGANDO A TAXONOMIA SOLO PARA INVESTIGAR HABILIDADES EM ATIVIDADES TRADICIONAIS E INVESTIGATIVAS

Using SOLO taxonomy to investigate skills in traditional and investigative activities

Silvia Carla Cerqueira Porto, Amanda Amantes

Resumo

Neste trabalho, expomos o modo em que utilizamos a Taxonomia SOLO (*Structure of Observing Learning Outcome*) para investigar as habilidades inferidas nas respostas dos estudantes do Ensino Médio, ao participarem de uma prática experimental quando apresentada de maneira tradicional e investigativa. A prática foi sobre o conteúdo de Pêndulo Simples e ocorreu em dois ambientes de ensino distintos: material e virtual. A Taxonomia SOLO foi empregada para analisar as respostas dos estudantes de 11 turmas do Ensino Médio Integrado de dois *campi* de uma escola pública federal. A coleta contemplou a participação de 341 estudantes. Nosso objetivo foi destacar as implicações do emprego de atividades de natureza tradicional e investigativa para o ensino em ambientes do tipo material e virtual. O trabalho buscou construir uma ferramenta metodológica para investigar aspectos do emprego de diferentes habilidades, nos seus distintos níveis de complexidade em atividades de natureza experimental, mas com características distintas, tanto em termos de abordagem como em termos de ambiente de aplicação. Com essa ferramenta, podemos avaliar tanto as estratégias empregadas como também as características do ensino que favoreçam o desenvolvimento de habilidades específicas. Os resultados indicaram que, mesmo usando diferentes contextos de ensino para aplicação de atividades (tradicional/investigativas), houve a explicitação de habilidades de planejamento, execução e avaliação para ambos os ambientes em diferentes graus de profundidade a depender de sua natureza. Em linhas gerais, verificamos que a habilidade procedimental associada ao uso da ferramenta matemática foi a que apresentou maior nível de complexidade quando levado em consideração o aspecto ambiente e natureza da atividade utilizada. Esses resultados apontam para a importância de se alinhar os objetivos de ensino ao tipo de instrução para alcançar o desenvolvimento de habilidades almejado.

Palavras-chave: habilidades; atividade tradicional; atividade investigativa; taxonomia SOLO.

Abstract

In this academic work, we expose the way in which we use the SOLO Taxonomy (*Structure of Observing Learning Outcome*) to investigate the skills inferred in the responses of high school students, by participating in an experimental practice when presented in a traditional and investigative way. The practice was about the content of Simple Pendulum and occurred in two distinct teaching environments: material and virtual. SOLO Taxonomy was used to analyze the responses of students from 11 classes of the integrated middle course of two campuses of a federal public school. The data collection included the participation of 341 students. Our objective was to highlight the implications of the use of traditional and investigative activities for teaching in material and virtual environments. The academic work aimed to build a methodological tool to investigate aspects of the use of different skills, in its different levels of complexity in activities of an experimental nature but with distinct characteristics, both in terms of approach and in terms of application environment. With this

tool, we can evaluate both the strategies employed and also the characteristics of teaching that further the development of specific skills. The results indicated that even using different teaching contexts for the application of activities (traditional/investigative) there was the explanation of planning, execution and evaluation skills for both environments in different degrees of depth depending on their nature. Generally speaking, we verified that the procedural ability associated with the use of the mathematical tool presented the highest level of complexity when taking into account the environmental aspect and nature of the activity used. These results point to the importance of aligning teaching objectives with the type of education to achieve the desired skills development.

Keywords: skills; traditional activity; investigative activity; SOLO taxonomy.

Introdução

A aprendizagem de conteúdos de Física pelos estudantes tanto do Ensino Médio como dos Cursos Superiores tem sido objeto de estudo de muitos pesquisadores (SÉRÉ, 2002; XAVIER, 2018). Para Isquierdo e Berghauer (2017), a Física, por ter seu conteúdo como parte constituinte do cotidiano do estudante, precisa de algo que desperte o interesse e a curiosidade deles, levando-os a interpretar os fenômenos observados.

Diante dessa necessidade, o uso de ambientes de laboratório material bem como de atividades experimentais é visto como um importante recurso educacional em auxílio à prática dos professores. Entendemos por laboratório material de Física o espaço onde é possível que os estudantes visualizem e analisem fenômenos, façam pesquisas e práticas experimentais reais com materiais concretos. Nesses ambientes de ensino, a participação dos estudantes é ativa e, a partir da manipulação dos materiais, é desejável que ele passe por um processo de aprendizagem, associando os seus conhecimentos teóricos com a prática experimental e, em muitos casos, com a vida cotidiana (ABRAHAMS; MILLAR 2008; PYATT; SIMS, 2012).

É usual o relato de muitos obstáculos para o emprego de práticas experimentais na sala de aula, como à indisponibilidade de *kits* experimentais e espaço físico apropriado. Com o objetivo de superar tais obstáculos e fazer com que práticas experimentais sejam acessíveis aos estudantes na área de ensino de Ciências, tem-se desenvolvido recursos tecnológicos com fins didáticos (HOHENFELD; PENIDO, 2009). A utilização de tais recursos reelaborou e reconfigurou a prática docente, denominada por alguns de ‘tecnologia intelectualizada’ e que tem sido muito utilizada para facilitar o processo de ensino dos professores e a aprendizagem dos estudantes (LÉVY, 1993).

Nesse trabalho, daremos ênfase ao recurso tecnológico “laboratórios virtuais”. Drigas, Vrettaros e Koukianakis (2005) defendem que a utilização de ambientes de laboratório virtual

deve se mostrar confiável em seus aspectos técnicos e educacionais. A principal justificativa para a disseminação desse tipo de recurso é o baixo custo econômico, tanto para adquirir a simulação computacional como também para o uso, pois muitas delas funcionam no modo *off-line*. É de conhecimento da classe acadêmica que esse tipo de recurso tem se mostrado eficaz em relação à otimização do tempo, uma vez que não há necessidade de montagem. Também, não é necessário que se tenha um grande espaço físico para a realização das experiências. Entretanto, um fator importante a se observar é a necessidade de manutenção contínua que os recursos tecnológicos (computadores) solicitam (RUMBLE, 1993; THRELKELD; BRZOSKA, 1994; IBRAHIM, 2011). Além disso, existem as restrições quanto ao manuseio de objetos que desenvolvam habilidades específicas e a possibilidade de aprender as técnicas relacionadas à própria montagem e ajuste do experimento, os modelos contêm simplificações e aproximações da realidade (MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C., 2002).

Existem diferentes modelos de laboratórios virtuais e cada um deles possui suas próprias especificidades. Os mais utilizados são: os multimídias, os em realidade virtual e os em realidade aumentada, ou por aspectos de ambientes de colaboração local ou remota (FORTE *et al.*, 2008). Pesquisadores têm apontado que cabe ao professor fazer uma reflexão sobre qual o tipo de laboratório que deve ser utilizado (material/virtual) em situações específicas (GILBERT; BOULTER, 2000).

Estudos realizados por Hofstein e Lunetta (2003) e Carvalho (2013) apontaram que o mero uso de práticas experimentais sobre conteúdos de Ciências de um modo geral não tem estabelecido uma relação direta com o desempenho dos estudantes no processo de aprendizagem. Segundo Hodson (1993), o principal objetivo das práticas experimentais deve ser promover a identificação e a compreensão de fenômenos pelos estudantes, mas há falta de estudos sobre a eficácia em termos de aprendizagem.

Como apontado por Gunstone e Champagne (1990), geralmente os estudantes, durante a realização de práticas experimentais, são envolvidos em atividades técnicas que não solicitam um pensamento reflexivo sobre o fenômeno observado que culmine na interpretação dos resultados alcançados. Muitas vezes eles não entendem o real propósito das aulas de laboratório, sendo levados a acreditar que o objetivo primordial da prática é que sigam instruções pré-determinadas e que alcancem uma resposta considerada certa, já esperada (CHANG; LEDERMAN, 1994; WILKENSON; WARD, 1997). Assim, perde-se a essência do principal objetivo da inserção de práticas experimentais em ambientes material/virtual, que é variar o ambiente de aprendizagem, auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos

científicos e no desenvolvimento de habilidades de inquérito científico – parte procedimental e interpretativa (HOFSTEIN; LUNETTA, 2003).

Uma prática experimental deve promover nos estudantes o questionamento das relações estabelecidas pelas grandezas envolvidas no fenômeno físico observado, deve fazer com que os estudantes consigam estabelecer uma conexão do que está sendo observado no ambiente de laboratório com os ensinamentos teóricos já realizados, e que consigam perceber possíveis discrepâncias entre resultados encontrados e resultados teórico-experimental. Por fim, o ambiente de laboratório não deve se restringir à mera manipulação de materiais reais ou simulações computacionais, mas sim um local que promova a manipulação de ideias científicas (BORGES, 2002; HOHENFELD; PENIDO, 2009; CARVALHO, 2013; BUTELER; COLEONI, 2016).

Pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de dirimir possíveis dificuldades associadas ao uso de atividades que pré-determinam os passos a serem executados pelos estudantes no ambiente de laboratório – denominada nessa pesquisa de “atividades tradicionais” (SÉRÉ, 2002; CARVALHO, 2013). Os pesquisadores buscam verificar em que medida a inserção de atividades de natureza investigativa podem contribuir para que os estudantes tenham uma compreensão científica dos fenômenos observados nas aulas experimentais. Foi constatado que, apesar de muitos estudantes conseguirem realizar atividades de medição, não conseguem fazer associações das medidas realizadas com modelos científicos já aceitos (ABRAHAMS; MILLAR 2008). Muitos deles esperam que o resultado a ser calculado (encontrado) deve ser exato, ou seja, sem possíveis discrepâncias (HOFSTEIN; LUNETTA, 2003; BUTELER; COLEONI, 2016). Só no caso de o resultado final ser totalmente diferente do encontrado é que se pode sugerir que as medidas sejam refeitas, na maioria das vezes a diferença entre o valor encontrado e o esperado não é questionada (SÉRÉ, 2002; GKIOKA 2019). Carvalho (2013) argumenta que o uso de atividades investigativas no ambiente de laboratório (material/virtual) poderá auxiliar os estudantes na verificação da validade de um experimento, no momento do planejamento e do desenho experimental, na identificação das variáveis de suporte e de controle, nos processos de medição e na identificação de possíveis erros experimentais e suas possíveis origens.

Tendo em vista essa discussão, entendemos que existe uma lacuna em relação a estudos que comparam o comportamento e o tipo de aprendizagem dos estudantes durante a realização de práticas experimentais em ambientes materiais e virtuais, bem como o uso de atividades tradicionais e investigativas na área de ensino de Física. Outro fator identificado é a dificuldade na elaboração de ferramentas de análise para acessar e avaliar variáveis

passíveis de serem interpretadas, tanto em termos de mudança de comportamento como em termos de mudança de habilidades e *performance*/desempenho (AZIZAH; IBRAHIM; WIDODO, 2018; SIRAJUDDIN *et al.*, 2018).

Nessa perspectiva, este trabalho contribui para o mapeamento das habilidades para suprir a lacuna da necessidade de estudos que comparem aspectos associados à aprendizagem dos estudantes quando são utilizados diferentes ambientes de ensino e abordagens.

Referencial Teórico

A prática experimental no ensino de Física

O uso de laboratórios didáticos no ensino de Física é algo visto como essencial para auxiliar os estudantes na compreensão dos conteúdos (BORGES, 2002; XAVIER, 2018). A determinação do tipo de laboratório ideal a ser utilizado depende de fatores associados à estrutura de cada instituição de ensino – física, econômica e com pessoal qualificado (HOHENFELD, 2013). Por exemplo, existem instituições de ensino que não têm um espaço físico apropriado à realização das práticas experimentais e *kits* experimentais disponíveis. Em outras instituições o quantitativo de estudantes é tão grande que realizar uma única prática experimental de demonstração não seria viável por conta da dificuldade de visualização por todos.

Nesse estudo, serão discutidas as potencialidades e limitações dos laboratórios material e virtual em termos dos tipos e nível de habilidades que possibilitam desenvolver. Entendemos como laboratório material o espaço onde os estudantes têm a possibilidade de manipular equipamentos e dispositivos experimentais concretos. A manipulação desses equipamentos poderá ocorrer de maneira individualizada ou em grupo, a depender da quantidade de estudantes e o quantitativo de *kits* experimentais disponíveis. Já a definição de laboratório virtual por nós adotada, é a de um espaço onde é possível, com o auxílio de recursos tecnológicos, manipular objetos virtuais a partir de simulações computacionais que podem ser usadas de modo *on-line* ou *off-line*. Essas simulações computacionais permitem que os estudantes visualizem um grande número de fenômenos físicos por meio de uma interface gráfica, possibilitando que manipulem objetos e variáveis associadas ao fenômeno físico escolhido (GIORDAN, 2008).

Estudos como os desenvolvidos por Hohenfeld (2013) têm investigado quais as possíveis articulações existentes entre o laboratório material e o virtual. Estudar questões

dessa natureza é relevante, uma vez que a disponibilidade de ambientes de laboratório material/virtual é diferente para cada instituição de ensino. Poucas são as instituições que podem disponibilizar os dois tipos de ambientes de ensino para a realização de práticas experimentais e, na grande maioria das vezes, os laboratórios materiais são pouco equipados ou falta manutenção. Nesse sentido, é de se considerar que a realização de práticas experimentais em ambientes materiais e virtuais pode ser parte das atividades didáticas associadas ao ensino de conteúdos de Física, tendo em vista que as tecnologias digitais estão bem disseminadas na sociedade.

A. Medeiros e C. Medeiros (2002) destacaram alguns aspectos inerentes ao uso de laboratórios virtuais como recurso tecnológico educacional: redução do tempo de preparação da aula experimental, cabendo ao professor somente selecionar a melhor simulação a ser utilizada; possibilidade de replicação do mesmo fenômeno físico em diferentes locais simultaneamente; as simulações computacionais com fins didáticos permitem que os estudantes controlem os parâmetros e as variáveis envolvidas no fenômeno observado. Assim, é possível que os estudantes observem os fenômenos físicos via as simulações computacionais, sem que para isso haja muito tempo de preparação, evitando a exposição a riscos físicos, químicos ou biológicos.

A redução do tempo para que a prática experimental seja realizada é destacada por muitos pesquisadores como positiva, uma vez que a quantidade de aulas de Física, na grande maioria das instituições de ensino, é bastante reduzida e durante a realização de aulas experimentais geralmente os estudantes não têm tempo para discutir os resultados encontrados (DRIGAS; VRETTAROS; KOUKIANAKIS, 2005; FORTE *et al.*, 2008). Outro dado importante é que, com a redução do tempo de preparação da aula experimental, os professores poderão fazer uso mais frequentemente de práticas experimentais, oportunizando assim que os estudantes utilizem suas habilidades procedimentais (GIORDAN, 2008).

Mesmo que muitos sejam os aspectos que favorecem o uso de laboratórios virtuais nos ambientes de ensino, existem limitações associadas a esse tipo de recurso. Podemos citar os destacados por A. Medeiros e C. Medeiros (2002), Giordan (2008) e Buteler e Coleoni (2016), sendo que cuidados devem ser tomados para que o encantamento dos estudantes, consequência dos efeitos advindos do uso da simulação computacional, não termine por comprometer a aprendizagem. Quando os estudantes não entendem que o objetivo principal da manipulação da simulação computacional é visualizar e compreender fenômenos físicos, eles podem simplesmente interagir com o recurso tecnológico sem que a aprendizagem de conteúdos de Física ocorra. Ele pode, por exemplo, manipular a simulação computacional

com objetivo de desenvolver habilidades relacionadas simplesmente ao manuseio de recursos tecnológicos. Outro fator importante a ser observado é que, como a simulação computacional simplifica a complexidade dos fenômenos reais, o estudante pode ser levado a concluir que é possível observar/reproduzir fenômenos semelhantes aos apresentados pela simulação computacional sem que esses estejam sujeitos à influência de fatores externos. Assim, caso não ocorra uma explicação por parte do professor sobre a validade do modelo de fenômeno físico exposto na simulação computacional, é possível que o estudante, ao fazer generalizações, incorra em equívocos epistemológicos (HOHENFELD, 2013).

No que se refere às similaridades existentes entre os dois tipos de laboratórios material/virtual, podemos destacar o fato de os dois ambientes de aprendizagem utilizar os signos para operarem no cognitivo dos estudantes, quando solicitam que eles coloquem o seu pensamento em ação. Isso não quer dizer que estamos desconsiderando que no ambiente de laboratório material os estudantes interagem com instrumentos palpáveis, e que no ambiente virtual os objetos se limitam ao campo visual. Apesar dos ambientes de ensino solicitarem habilidades distintas dos estudantes, a ação de pegar e de clicar faz parte do cotidiano, logo uma ação não tem o poder de impedir a existência da outra (HOHENFELD, 2013; BUTELER; COLEONI, 2016).

Nessa perspectiva, considerando as potencialidades e limitações de cada um dos ambientes de ensino material/virtual, argumentamos a favor de que a atuação de um dos ambientes de ensino não exclua a atuação concomitante do outro, ou seja, um ambiente complementa a existência do outro. Uma vez que o professor tenha à sua disposição os dois ambientes de ensino, ou apenas um deles, isso já lhe dá condições de realizar práticas experimentais com seus estudantes. Além do mais, entender as limitações e potencialidades de um e outro possibilita o aprimoramento dos planos e estratégias de ensino que intencionam usar práticas experimentais.

Pesquisas como as desenvolvidas por Tamir (1990), Hodson (2001) e Borges (2002), concluíram que a realização de práticas experimentais oferece importantes oportunidades de aprendizado de conteúdos científicos. Essas práticas experimentais, quando bem conduzidas, podem promover a educação científica dos estudantes a partir da compreensão de conceitos científicos, do desenvolvimento de habilidades práticas e de resolução de tarefas/desafios e, por fim, o desenvolvimento de pensamentos associados à compreensão da natureza dos fenômenos observados.

O modelo de educação praticado no século XX sofreu mudanças significativas que trouxeram abordagens mais dialógicas, críticas para o processo (CARVALHO, 2013). Até o

século XX, nos sistemas educacionais, foi amplamente utilizado o modelo de prática experimental com uso de roteiros modelo “receita de bolo”. Esses roteiros eram elaborados pelos professores e vistos como produtos finais. Neles constavam conceitos científicos sobre o fenômeno a ser observado, o enunciado de leis científicas e a ferramenta matemática (comumente chamada de fórmula) a ser utilizada para resolução da parte algébrica. Aos estudantes cabia o papel de meramente replicar os passos previamente discriminados no roteiro, na tentativa de encontrar um valor numérico igual ao esperado pelo professor (CAMBI, 1999; CARVALHO, 2013). Nesse contexto, os sistemas educacionais migraram de um método de conhecimento transmissivista – o professor é o detentor do saber e o estudante um replicador de passos – para um método com um foco no processo de construção do conhecimento de cada estudante, decorrente das interações interpessoais (HOHENFELD; PENIDO, 2009; CARVALHO, 2013).

Muitos foram os fatores que exerceram influência sobre o sistema educacional a partir do meado do século XX. Nesse trabalho, em particular, a ênfase será dada às atividades de natureza investigativa. A definição de atividade de natureza investigativa por nós adotada é a defendida por Carvalho (2013), Hohenfeld (2013) e Wilcox e Lewandowski (2017), sendo que uma atividade para ser considerada de natureza investigativa deve levar o estudante a pensar sobre o desafio proposto de modo a elaborar um planejamento de estratégias de resolução, seguida da aplicação de estratégias de implementação e verificação da resposta encontrada. Por conseguinte, não é fornecido ao estudante um guia com uma sequência de passos a serem devidamente seguidos. Ao invés disso, ao estudante é dada autonomia para que participe de todo o processo de execução da atividade, no caso desse trabalho uma prática experimental. No momento da implementação do plano de ação, o estudante pode utilizar habilidades associadas ao ato de medir, determinar quais são as variáveis de suporte da solução do problema, definir as unidades e dimensões das grandezas a serem observadas e usar métodos de análise apropriados. No final da atividade, deve haver um momento para que os estudantes interajam, buscando avaliar se o(s) resultado(s) encontrado(s) corresponde(m) às hipóteses inicialmente elencadas.

Para Hohenfeld (2013), as atividades investigativas, por terem um maior grau de abertura, possibilitam que os estudantes promovam uma maior articulação de ideias, fruto das observações empíricas, formulando hipóteses experimentais e pensando em termos de trabalho científico. Por fim, o estudante deve ser levado a concluir que as dimensões teóricas e empíricas não devem ser dissociadas, pois fazem parte de um mesmo contexto.

Aspectos da Teoria das Habilidades Dinâmicas e da Taxonomia SOLO

A concepção de habilidade adotada nessa pesquisa está pautada na perspectiva do desenvolvimento cognitivo, segundo os pressupostos teóricos enunciados pela complexidade hierárquica de acordo com a Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980). Segundo essa teoria, as habilidades vão sendo integradas, associadas ou construídas ao longo do desenvolvimento biológico, mantendo uma relação com uma estrutura de conhecimento que se apresenta em níveis hierárquicos de complexidade ascendentes. Nessa perspectiva, a habilidade é concebida em termos da evolução de traços ou atributos latentes²⁰, que podem ser acessados em decorrência de manifestações por parte dos envolvidos no processo de aprendizagem, após a interação entre eles e o ambiente de ensino (atividades, recursos e estrutura física). O atributo que definimos para investigar as diferentes estratégias utilizadas pelos estudantes é a habilidade por eles explicitada no momento da resolução e interpretação da/o tarefa/desafio proposta/o para cada atividade nos diferentes ambientes de ensino (material e virtual).

A partir da Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980), definimos habilidade enquanto um atributo latente, inerente ao desenvolvimento dos sujeitos e definido a partir das relações estabelecidas pelo arcabouço conceitual, estruturas mentais, interação com o meio, estrutura social e outras variações contextuais. A Teoria de Habilidades Dinâmicas postula patamares de desenvolvimento (semelhantes aos estágios) demarcados pelo domínio ou área de conhecimento, podendo ser considerada uma teoria multimodal, assim como a Taxonomia SOLO de Biggs e Collis (1982). Exemplo desse tipo de aplicação foi realizado por Dawson e Stein (2008), onde a Teoria de Habilidades Dinâmicas foi utilizada para examinar o entendimento a partir da quantidade de conceitos e/ou conteúdos explicitados nas respostas dos estudantes. Nesse mesmo sentido, interpretaremos as habilidades inferidas nas respostas dos estudantes em diferentes níveis de complexidade hierárquica durante a resolução de atividades de natureza tradicional e de natureza investigativa.

A Taxonomia SOLO enunciada por Biggs e Collis nos anos 1970, assim como outras teorias neopiagetianas, considera que existem estágios (modos) que demarcam o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos. Esses autores postulam, por meio da Taxonomia SOLO, que existem patamares de entendimento de conteúdo específicos. Tendo o modelo

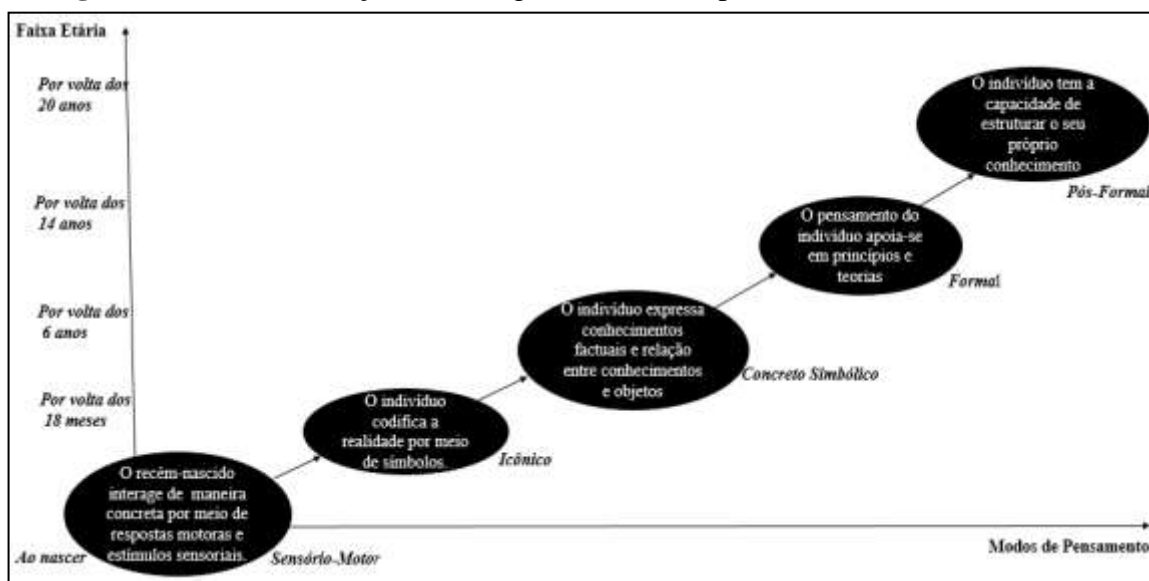
²⁰ Não são diretamente observáveis/mensuráveis (XAVIER, 2018).

idealizado por Piaget como inspiração, Biggs e Collis defendem que existe uma sucessão de estruturas cognitivas características dos estágios propostos na Teoria dos Estágios de Desenvolvimento, entretanto esses estágios são caracterizados como “modos de pensamento”; ou seja, correspondem ao modo em que o pensamento do indivíduo opera. Apesar de concordar que os modos de pensamento surgem em idades tendencialmente semelhantes aos estágios de desenvolvimento propostos por Piaget, para Biggs e Collis esses modos de pensamento não são gerais, outrossim, são específicos para cada domínio de conhecimento. Entretanto, desconsiderando que a evolução do conhecimento do indivíduo ocorre de modo linear de acordo com a faixa etária, a Taxonomia SOLO afirma que um estágio não substitui o outro, possibilitando que novos estágios, alcançados pelo conhecimento do indivíduo, coexistam com outros estágios ou modos de pensamento pré-existentes (BIGGS; COLLIS, 1982).

A Taxonomia elaborada e proposta por Biggs e Collis (1982), apesar de englobar aspectos da teoria piagetiana, utiliza um sistema de categorias para identificar o modo em que o pensamento do indivíduo opera. Os autores afirmam que esse sistema, uma vez construído, pode ser utilizado para avaliar a “qualidade” do pensamento do indivíduo, já que possibilita identificar níveis hierárquicos de complexidade do entendimento sobre conteúdos de domínios específicos, tendo como ferramenta o sistema de categorias construído. Por conseguinte, a Taxonomia SOLO concebe que os indivíduos apresentam um desenvolvimento cognitivo baseado em estágios de complexidade ascendente. Esse desenvolvimento é sequencial, podendo ser observado em diferentes atividades, permitindo assim que os níveis de habilidades sejam caracterizados, ou ainda, que seja identificada a evolução de uma determinada habilidade em tarefas específicas (BIGGS; COLLIS, 1982).

Biggs e Collis (1982) definiram os modos de operação do pensamento do indivíduo avaliando a forma como um problema é representado pelo sujeito. Assim, o indivíduo evolui para um modo de pensamento mais abstrato por meio de estágios ascendentes que envolvem o uso de teorias mais complexas. A **Figura 13**, a seguir, exibirá de forma sucinta os estágios (modos) de pensamento propostos pela Taxonomia SOLO e suas particularidades:

Figura 13 – Caracterização dos estágios(modos) de pensamento da Taxonomia SOLO



Fonte: Elaborado pela autora, seguindo o modelo proposto pelo Biggs e Collis (1982)

A interpretação da **Figura 13** é a de que cada modo de pensamento em que o indivíduo opera traz particularidades específicas. Isso nos leva a inferir que os modos de pensamento surgem de maneira ascendente, e que não existe uma condição que associe unicamente o desenvolvimento do conhecimento cognitivo do indivíduo com a sua idade. O que existe no decorrer do tempo é um aumento no grau de complexidade do pensamento, ou seja, ele passa a pensar de maneira mais abstrata, não extinguindo os modos de pensamento já existentes. Dessa forma, é possível que um indivíduo alcance o modo Formal para um determinado domínio de conhecimento, porém continue a operar no Concreto Simbólico para outro, apresentando uma coexistência de modos de pensamento em relação a diferentes domínios (AMANTES; OLIVEIRA, 2012).


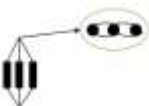
Em suma, Biggs e Collis (1982) concordam que existe a possibilidade de que alguns aspectos comuns de aprendizagem sejam identificados em determinados períodos típicos de idade, que o modo em que o pensamento opera se sucede em uma escala ascendente de abstração e que existem diferenças qualitativas no modo como o conhecimento é manipulado nos diferentes períodos de idade. Os autores defendem ainda que os modos de pensamento não devem ser definidos em termos de mudanças estruturais na lógica de operação. Para eles, não existe uma mudança na estrutura da totalidade das tarefas referentes a cada estágio, como defendido por Piaget, mas sim que, em decorrência da mudança do modo de pensamento, o indivíduo muda a forma de representar o conhecimento construído em relação a específicos domínios de conhecimento. Essa explicação é relevante a partir do momento em que permite

explicar, de maneira coerente, porque um indivíduo consegue operar em diferentes modos de pensamentos em relação a várias áreas de maneira concomitante. A teoria que propõem é multimodal, ou seja, os modos de pensamento são distintos para variados conhecimentos, mesmo que observados em um único indivíduo (BIGGS; COLLIS, 1982).

Em nossa perspectiva teórica, a aprendizagem é definida como um processo de evolução hierárquica ascendente dos níveis de entendimento dos indivíduos (AMANTES, 2005).

Biggs e Collis (1982), ao elaborarem a Taxonomia SOLO, associaram os estágios ou modos de pensamento a níveis de complexidade que descrevem como o conhecimento foi estruturado pelo indivíduo. Os níveis elencados têm configuração ascendente e referem-se à qualidade e à quantidade das informações processadas pelos indivíduos. Esses níveis dependem de vários elementos (motivação, interesse, amadurecimento físico, condição da memória de trabalho, suporte social e confronto com o problema) e também do conteúdo aprendido (AMANTES, 2005). A Taxonomia SOLO apresenta cinco categorias ou níveis de respostas. Em nossa pesquisa usaremos a denominação ‘níveis’. O **Quadro 30**, a seguir, apresenta uma descrição sucinta dos cinco níveis de complexidade apresentados pela Taxonomia SOLO:

Quadro 30 – Níveis de complexidade da Taxonomia SOLO

Fase de compreensão	Nível de complexidade	Representação Estrutural	Níveis de compreensão	Estilo das respostas
Quantitativa	Pré-estrutural (P)	•	Não compreende.	Não se aplica.
	Uniestrutural (U)	I	Identifica e enumera.	Um aspecto relevante.
	Multiestrutural (M)	III	Descreve, enumera e combina.	Vários aspectos relevantes de modo independentes.
Qualitativa	Relacional (R)		Aplica, analisa e relaciona.	Integrada a uma estrutura.
	Abstrato Estendido (A)		Teoriza, reflete e generaliza.	Generalizada a um novo domínio de conhecimento.

Fonte: Adaptado de Biggs e Collis (1982)

Os cinco níveis de complexidade elencados por Biggs e Collis (Pré-estrutural, Uniestrutural, Multiestrutural, Relacional e Abstrato Estendido) obedecem a uma sequência hierárquica por meio da qual o processo de aprendizagem é expresso. Esses níveis de

complexidade trazem informações referentes tanto à qualidade como à quantidade das informações processadas.

Os níveis de complexidade são estabelecidos em cada modo de pensamento, formando ciclos de aprendizagem ascendentes, podendo se constituir em um ou mais ciclos dentro de um mesmo modo. A quantidade de ciclos estabelecidos dependerá da qualidade do conhecimento construído: conhecimentos de alta complexidade (envolve muitos conteúdos e relações em um maior grau de abstração) provavelmente conterão mais de um ciclo de aprendizagem. A Taxonomia SOLO é um sistema de classificação que pode ser utilizado para diversos fins: Biggs e Collis (1991) a utilizaram para avaliar tarefas, respostas e performances; Maguire (1988) a utilizou para classificar habilidades e competências em cursos de formação; Amantes (2005) e Porto (2015) a utilizaram para avaliar o desenvolvimento geral dos sujeitos; e Gadéa (2016) a utilizou para analisar perfis de entendimento de estudantes do Ensino Fundamental.

Método

Sujeitos e Contexto

A pesquisa descrita nesse trabalho foi realizada em dois *campi* de uma escola pública federal. A instituição se enquadra na classificação de cursos dos níveis médio integrado (médio e técnico), técnico e tecnológico, oferecendo cursos de diferentes modalidades. No caso dessa pesquisa, a intervenção ocorreu com turmas do Ensino Médio Integrado. A aplicação da intervenção de natureza investigativa contou com a participação de 167 estudantes de turmas da 1ª e 2ª séries dos cursos de Mecânica, Edificações, Eletrotécnica e Automação. No *campus* 1, foram 95 estudantes e no *campus* 2 contamos com a presença de 72 estudantes. Para a atividade de natureza tradicional, a intervenção contou com 174 estudantes de turmas da 1ª série dos cursos de Eletrotécnica, Edificações e Mecânica. No *campus* 1, a participação foi de 92 estudantes e no *campus* 2 de 82 estudantes. A escolha das turmas participantes da intervenção ocorreu de maneira aleatória.

Coleta de Dados

Os dados analisados nessa pesquisa são oriundos da aplicação de duas atividades experimentais de natureza distinta: tradicional/investigativa. Cada estudante participante da

intervenção resolveu um determinado tipo de atividade. Após a realização da atividade, cada estudante entregou ao pesquisador uma folha contendo um registro, usando lápis e papel. Foram identificadas 104 folhas de respostas em branco, assim, para análise, contou-se com as respostas de 237 estudantes (respondentes). O conteúdo reportado nas duas atividades foi o de Pêndulo Simples. O roteiro de natureza tradicional era composto por cinco tarefas e a atividade de natureza investigativa possuía quatro desafios. Para essa pesquisa, foi escolhida uma tarefa e um desafio sobre o cálculo do valor da gravidade. Em cada uma das atividades, a/o tarefa/desafio foi apresentada/o na forma de questão, de acordo com a natureza de cada tipo de atividade em particular.

A intervenção contou com a participação de 11 turmas: cinco participaram da atividade de natureza tradicional e seis da atividade de natureza investigativa. Dessas, duas participaram da atividade tradicional no ambiente material, três da atividade tradicional no ambiente virtual, três da atividade investigativa no ambiente material e três participaram da atividade investigativa no ambiente virtual. Para que a coleta de dados não interferisse na programação acadêmica dos estudantes, ela ocorreu no mesmo horário em que as aulas teóricas experimentais estavam programadas para cada turma. A discriminação das atividades e dos ambientes de ensino ocorreu de acordo com o horário de aula de cada turma e a disponibilidade dos ambientes de ensino a serem utilizados para aplicação da intervenção. A seguir são apresentadas a tarefa e o desafio escolhidos para serem analisados no presente estudo.

Quadro 31 – Tarefa Tradicional

<p>Tarefa 5(T5): Uma das formas de calcular o valor da aceleração da gravidade é a partir da equação do período (T) do pêndulo simples, $T=2\cdot\pi\sqrt{l/g}$, sendo l o comprimento do fio e g o valor da aceleração da gravidade. Elevando ao quadrado ambos os lados da equação e isolando a aceleração da gravidade, temos, $g= 4\pi^2\cdot(l/T^2)$. Utilizando esta equação, realize os procedimentos que se seguem para determinar o valor aproximado da aceleração da gravidade local. Utilize π igual a 3,1416 e dê a resposta com 4 casas decimais.</p> <p>T5I1) Realize duas novas medições para o período de oscilação do pêndulo simples, todas com o ângulo de 10° e $30,0\text{ cm}$ de comprimento do pêndulo.¹</p>				
Medições	1ª medição - já realizada no procedimento I.	2ª medição – já realizada no procedimento I.	3ª medição	4ª medição
Tempo (t) de dez oscilações completas	$t_1 =$	$t_2 =$	$t_3 =$	$t_4 =$
Período (T) $T= t_n/10$	$T_1 =$	$T_2 =$	$T_3 =$	$T_4 =$
<p>T5I2) Determine o valor médio do período ($T_{\text{médio}}$). $T_{\text{médio}}= (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$ $T_{\text{médio}}=$</p>				

T5I3) Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.

T5I4) Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

¹ No ambiente computacional o comprimento do Pêndulo Simples foi $L=1,5\text{m}$.

Nota: Leia: **T5**→Tarefa 5; **T5I1**→Tarefa 5, item 01; **T5I2**→Tarefa 5, item 02, idem para os demais itens.

Quadro 32 – Desafio Investigativo

Desafio 4 (D4): Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?

D4I1: Como o grupo resolveu este problema? e **D4I2:** Qual o valor encontrado?

D4I3: Está próximo do valor esperado? e **D4I4:** Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Nota: Leia: **D4**→Desafio 4; **D4I1**→Desafio 4, item 01; **D4I2**→Desafio 4, item 02, idem para os demais itens.

O próximo tópico apresenta o processo de construção do Sistema Categórico elaborado para identificar as habilidades inferidas nas respostas dos estudantes fornecidas à/ao tarefa/desafio.

Métodos de Análise

Elaboração do Sistema Categórico

O Sistema Categórico construído para essa pesquisa foi utilizado para analisar as respostas fornecidas pelos estudantes à tarefa e ao desafio, apresentados anteriormente, sobre o cálculo do valor da gravidade.

O processo de construção do Sistema Categórico ocorreu em duas etapas, nas quais as categorias elencadas, a partir das respostas, foram refinadas de maneira gradual.

Na primeira etapa, propomos um modelo de categorização composto por duas categorias: natureza dos itens e habilidades demandadas pelos itens. Identificamos itens de natureza procedimental e de natureza interpretativa. A partir das demandas de cada item, foram discriminadas categorias de habilidades que apresentavam um caráter dicotômico, no estilo *checklist* (tem/não tem) e habilidades associadas a categorias individuais. Quando procedemos com a análise dos dados coletados verificamos que a proposta de Sistema Categórico elaborado não era suficiente, pois havia respostas que não se enquadravam nos

parâmetros categóricos estabelecidos e, assim, a constatação de que o Sistema Categórico precisava ser reelaborado.

Na segunda etapa, propomos um modelo categórico que continha dois tipos de avaliação: uma relacionada com a natureza das respostas redigidas pelos estudantes e a outra relacionada com o tipo de habilidade explicitada por eles ao responder cada item da/o tarefa/desafio proposta/o. Ou seja, as respostas fornecidas pelos estudantes foram examinadas na busca de encontrar habilidades associadas às estratégias de resolução de problemas, adotadas por cada deles em particular. Analisamos as estratégias através do estabelecimento de uma forma de classificá-las a partir de habilidades demandadas por cada item. Todos os itens estavam em formato discursivo (aberto). Quando elencamos as habilidades, em alguns casos ela se apresentou como tem/não tem e, portanto, a resposta estava num formato dicotômico para corresponder ao Sistema Categórico construído. E, em outros casos, correspondeu a níveis de uma determinada habilidade e, logo, a resposta estava em um formato politômico para atender ao Sistema Categórico. Posto isso, o Sistema Categórico foi dividido em duas partes, seguindo as características das análises a serem realizadas. Duas escalas foram construídas: Categorias de Conteúdos e Taxonomia SOLO. Essas escalas tinham como objetivos: avaliar a natureza da resposta fornecida pelo estudante e avaliar a natureza da habilidade explicitada por ele ao resolver cada item.

Optamos por elaborar as categorias analíticas tendo como base o item e o tipo de resposta demandada por cada um em particular. Posto isso, para elaboração do Sistema Categórico, inicialmente levamos em consideração a natureza procedimental ou interpretativa de cada item. Definimos por itens de natureza procedimental aqueles que solicitavam ações em que os estudantes precisavam mobilizar o conhecimento e aplicar para resolver a/o tarefa/desafio. Já os de natureza interpretativa são aqueles em que o estudante tinha que interpretar um fenômeno ou resultado encontrado para a/o tarefa/desafio proposta/o.

Os itens foram classificados segundo o tipo de ação solicitada por cada um (procedimental/interpretativa). As respostas fornecidas foram analisadas na busca de parâmetros que nos permitisse identificar de modo geral, em uma escala hierárquica, o tipo de habilidade explicitada para a execução da atividade proposta.

Ao avaliarmos os itens do desafio, verificamos que alguns deveriam ser agrupados para que apresentasse uma mesma semelhança de habilidades, demandadas com os elaborados para a tarefa. Feito isso, dois parâmetros categóricos foram definidos: natureza da resposta demandada pelo item e tipo de habilidade demandada pelo item da/o tarefa/desafio. O **Quadro 33**, abaixo, apresenta um recorte do Sistema Categórico elaborado para analisar as

respostas discursivas nas quais as habilidades inferidas nas respostas apresentaram níveis de complexidade de acordo com os parâmetros definidos pela Taxonomia SOLO.

Quadro 33 – Recorte do Sistema Categórico construído a partir da Taxonomia SOLO

Natureza da resposta demandada pelo item	Tipo de habilidade demandada pelo item	Níveis categóricos das habilidades demandadas pelos itens de acordo com a Taxonomia SOLO
Procedimental	Propor a Solução do Problema (PSP)	(U) O estudante escreve que utilizou os recursos disponíveis (<i>kit</i> experimental/simulador); (M) O estudante escreve que fez a parte procedimental (não descreve) e diz quais grandezas observou citando ou não os respectivos valores; (R) O estudante escreve uma descrição da parte procedimental executada, citando as grandezas observadas e seus respectivos valores.
Interpretativa	Verificar(examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)	(U) O estudante reconhece (escreve) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} encontrado empiricamente e o valor de \vec{g} definido teoricamente/ escreve que os valores são iguais ou equivalentes. (M) O estudante reconhece (escreve) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} encontrado empiricamente e o valor de \vec{g} definido teoricamente e cita elementos que possam justificar esta diferença estando incorretos ou equivocados; (R) O estudante reconhece (escreve) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} encontrado empiricamente e o valor de \vec{g} definido teoricamente e escreve como esses elementos se relacionam para provocar a diferença (causalidade).

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A partir do tipo de ação demandada por cada item, foi possível identificar diferentes tipos de habilidades de resolução de tarefas/desafios inferidas/os nas respostas dos estudantes. Essas habilidades podem ter níveis de complexidade diferentes. Por exemplo, para executar medidas, o estudante pode fazer uma única medida sem estabelecer relações entre as grandezas observadas, ou pode executar várias medidas sem estabelecer relação entre elas e pode fazer várias medidas estabelecendo relações coerentes entre elas. Para avaliar esses diferentes níveis, foi aplicada uma estrutura de complexidade reportada numa Taxonomia denominada SOLO, desenvolvida pelos autores Biggs e Collis (1982), para categorizar respostas dessa natureza.

No modelo proposto pela Taxonomia SOLO, cada nível de complexidade corresponde a um modo de pensamento, sendo que a mudança de níveis não implica numa mudança nos modos de pensamento do sujeito. Por conseguinte, as mudanças ocorrem em domínios específicos de conhecimentos e nos respectivos níveis hierárquicos de complexidade.

Análise e Resultados

Os itens foram considerados e avaliados, conforme exemplo apresentado no **Quadro 33**. Para cada nível de complexidade há, no mínimo, uma amostra de resposta. Consideramos que as respostas fornecidas pelos estudantes são manifestações, ainda não completas, do entendimento e habilidades que eles possuem e manifestam no momento de realização da/o tarefa/desafio. A interpretação desses resultados nos forneceu um *insight* sobre o nível de articulação desse conhecimento e do modo como ele opera no mundo com atividades específicas, que demandam diferentes tipos de habilidades como a procedimental e interpretativa, requisitadas nas atividades propostas em relação a um conteúdo determinado.

Para a atividade tradicional foram considerados os itens T5I3 e T5I4, já para a atividade investigativa, os itens agrupados (D4I1/D4I2 e D4I3/D4I4) que são correspondentes em termos do tipo de habilidade e conhecimento sobre o conteúdo demandado (ver Quadro 18). Assim, a análise teve como parâmetros: i) o perfil de habilidades de Planejamento, a qual abarcou a categoria de habilidades Propor a Solução do Problema (**PSP**); ii) o perfil de habilidades Procedimentais, a qual abarcou a categoria de habilidades Resolver Equações Matemáticas (**EQM**); iii) o perfil de habilidades Interpretativas, a qual abarcou a categoria Verificar a Resposta Encontrada (**VRE**). Definimos por habilidades de Planejamento aquelas voltadas para o momento em que o estudante define metas e objetivos, estabelecendo, dessa forma, um plano de ação.

O **Quadro 34**, a seguir, apresenta o resultado do pareamento de itens realizado, indicando quais itens apresentaram semelhança em termos de habilidades e conhecimentos demandados.

Quadro 34 – Pareamento entre itens das atividades tradicional/investigativa

Natureza da habilidade	TRADICIONAL		INVESTIGATIVA	
	Rubrica do item	Descrição sucinta do item	Rubrica do item	Descrição sucinta do item
Procedimental	T5I3	- Utilizando a equação, calcule o valor da gravidade.	D4I1 D4I2	- Como o grupo resolveu o problema e qual o valor encontrado?
Interpretativa	T5I4	- Compare o valor da aceleração da gravidade encontrado com o valor esperado.	D4I3 D4I4	- Está próximo do valor esperado? - Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o valor encontrado?

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Considerando que a habilidade de Planejamento é específica da atividade de natureza investigativa, a categoria de habilidades Propor a Solução do Problema (**PSP**) não participou do pareamento de itens estabelecido nessa análise.

Foram analisados os níveis de complexidades apresentados pelos itens das duas atividades aplicadas, tomando como base a estrutura da Taxonomia SOLO. Para a atividade tradicional, na análise do item T5I3 foi mapeada a habilidade Resolver Equações Matemáticas (**EQM**) e para o item T5I4 foi mapeada a habilidade Verificar a Resposta Encontrada (**VRE**). Já para a atividade investigativa, na análise dos itens agrupados D4I1 e D4I2, foram mapeadas as habilidades Propor a Solução do Problema (**PSP**) e Resolver Equações Matemáticas (**EQM**), e para os itens agrupados D4I3 e D4I4 foi mapeada a habilidade Verificar a Resposta Encontrada (**VRE**). No **Quadro 35**, abaixo, apresentamos um exemplo de categorização realizada para as respostas dos estudantes aos itens das atividades tradicional/investigativa, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Categórico elaborado para essa pesquisa (ver Quadro 33).

Quadro 35 – Exemplos de categorização aplicando a Taxonomia SOLO

Tipo de atividade	Item	Habilidade demandada pelo item	Nível SOLO	Exemplo
Tradicional	T5I3	EQM	U	“ $4.(3,1416)^2.0,3$.” (Estudante 34; 6812 ATM)
			M	“ $g = 4.3,1416^2.1,5^2/2,46$ ” (Estudante 36; 1821 ATV)
			R	“ $g = 4 \square^2.L/T^2$ $g = 4.(3,14)^2. 0,3/(1.121)^2$ $g = 4.(9,85).0,3/1,26$ $g = 39,4.0,23$ $g = 9,062 \text{ m/s}^2$.” (Estudante 02; 1º EI ATM)
	T5I4	VRE	U	“O valor da gravidade encontrado corresponde com o valor que conhecemos que é $\approx 9,8$.” (Estudante 04; 1821 ATV)
			M	“O valor encontrado é bem maior que o esperado considerando, tamanho do fio e o período.” (Estudante 20; 1º EI ATM)
			R	“ $g_{es} = 10$ $g_{en} = 8,3881$ diferença = 1,6119 A gravidade pode variar desse modo devido aos manuseadores que não mediram de forma 100% correta alterando o valor real da gravidade como encontrado.” (Estudante 29; 6812 ATM)
Investigativa	D4I1 D4I2	PSP	U	“Utilizando a programação de computador” (Estudante 01; 6813 AIV)
			M	“Calculando sem a gravidade (incógnita) e depois descobrindo-a por meio dos cálculos.”

Tipo de atividade	Item	Habilidade demandada pelo item	Nível SOLO	Exemplo
				(Estudante 30; 1º EI 03 AIV)
			R	“O grupo resolveu o problema através de um experimento onde usamos um pendulo de latão pendurado em um fio de 36 cm e o seu período foi de 1.06s, e considerando $\pi = 3,14$ e transformando o comprimento de cm em m descobrimos através da formula $T = 2\pi \sqrt{l/g}$ o valor aproximado de g, que foi $12,63\text{m/s}^2$, bem próximo do valor "expressado", mas ainda sim "auto", provavelmente por interferência de algum erro de medição, temperatura ou pressão "atmosférica".” (Estudante 23; 1º Ed 02 AIM)
		EQM	U	“O valor encontrado foi $g=8,75\text{m/s}^2$.” (Estudante 12; 6813 AIV)
			M	“ $T=2\pi\sqrt{l/g} \rightarrow g=8,8$; $T=1,27$.” (Estudante 11; 2º Ed AIM)
			R	“ $L=53\text{cm}$; $L=0,053\text{m}$; $L=0,53\text{m}$; $T=1,46\text{s}$ $1,46=6,28\sqrt{0,053/g} \rightarrow 0,23=\sqrt{0,53/g} \rightarrow \sqrt{g}=0,72/0,23 \rightarrow \sqrt{g}=3,13 \rightarrow g=3,13^2 \rightarrow g=9,79\text{m/s}^2$.” (Estudante 24; 5821 AIM)
	D4I3 D4I4	VRE	U	“Sim. A gravidade original é $9,81\text{m/s}^2$ e o meu deu $9,29\text{m/s}^2$. Foi bem próximo, a diferença foi de apenas $0,52\text{m/s}^2$.” (Estudante 17; 1º EI 03 AIV)
			M	“Sim. Houve uma interferência por conta da pressão atmosférica e do eixo do pendulo.” (Estudante 27; 1º Ed 02 AIM)
			R	“Um pouco próximo. Pequenos erros de medição que tentamos corrigir, e aproximações realizadas ao longo do cálculo.” (Estudante 12; 6813 AIV)

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

As respostas fornecidas pelos estudantes foram sistematizadas e analisadas. Os resultados dessas análises serão apresentados nos três estudos a seguir:

Estudo I – Natureza da atividade respondida

Foi investigado, de maneira geral, o perfil de habilidades dos estudantes que apresentaram diferentes níveis de complexidade ao resolverem a/o tarefa/desafio do cálculo da gravidade quando apresentado de maneira tradicional e de maneira investigativa.

Com isso, pretendemos responder à primeira questão de pesquisa: “Como se configura o perfil de habilidades, em termos dos níveis de complexidade da Taxionomia SOLO, dos estudantes submetidos a uma intervenção educacional sobre Pêndulo Simples?”. Foi feito um estudo das frequências de categorias da amostra geral (237 respondentes) usando os

parâmetros estabelecidos pela Taxonomia SOLO, distinguindo apenas a natureza da abordagem aplicada.

A seguir, o **Quadro 36** apresenta exemplos de respostas que alcançaram os maiores níveis de complexidade para cada uma das habilidades analisadas:

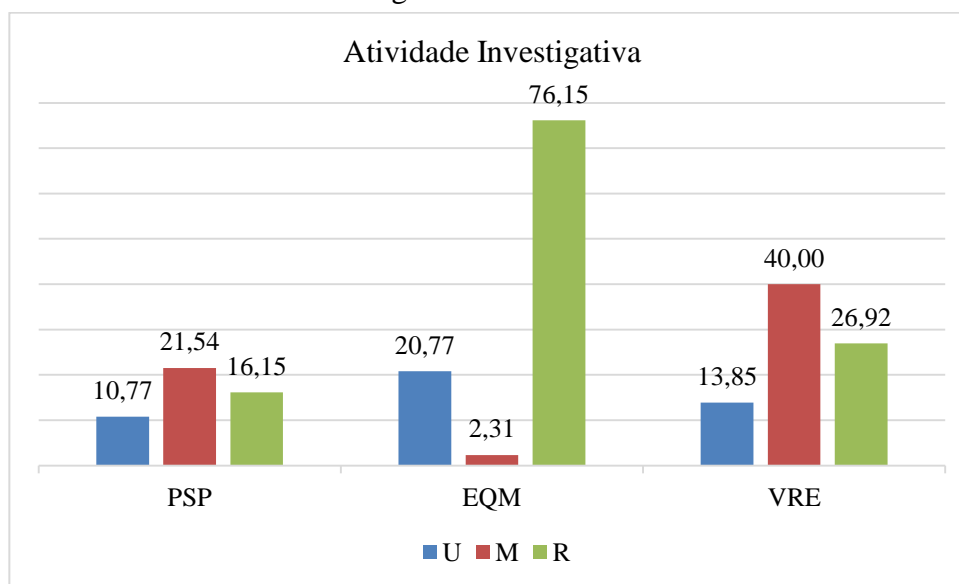
Quadro 36 – Exemplos de Respostas

Habilidade	Nível SOLO	Item	Exemplo Abordagem Investigativa	Item	Exemplo Abordagem Tradicional
PSP	Multiestrutural	D4I1 D4I2	“Montamos uma situação, calculamos o período, medimos o comprimento.” (Estudante 30; 1º ED 02)	Não se aplica	Não se aplica.
EQM	Relacional	D4I1 D4I2	“ $L = 53\text{cm} = 0,053\text{m} = 0,53\text{m}$; $T = 1,46\text{s}$ $1,46 = 6,28\sqrt{0,053/g}$ $0,23 = \sqrt{0,53/g}$ $\sqrt{g} = 0,72/0,23$ $\sqrt{g} = 3,13$ $g = 3,13^2$ $g = 9,79\text{m/s}^2$.” (Estudante 24, AIM 5821)	T5I3	“ $g = 4 \square^2 \cdot L/T^2$ $g = 4.3,1416^2 \cdot 1,5/2,4475^2$ $g = 4. 9,8696.1,5/5,9902$ $g = 39,4784.0,2504$ $g = 9,885\text{m/s}^2$.” (Estudante 18, ATV 1821)
VRE	Multiestrutural	D4I3 D4I4	“Sim, existe diferença. Se eu estivesse considerando mais casas decimais eu poderia ter encontrado não está tão longe do esperado não.” (Estudante 10; AIV 1º Eletro 03)	T5I4	“A diferença entre o valor encontrado e o valor esperado é muito pouco, visto que através da regra de arredondamento é possível comparar o valor encontrado com o esperado.” (Estudante 04; 6812 ATM)

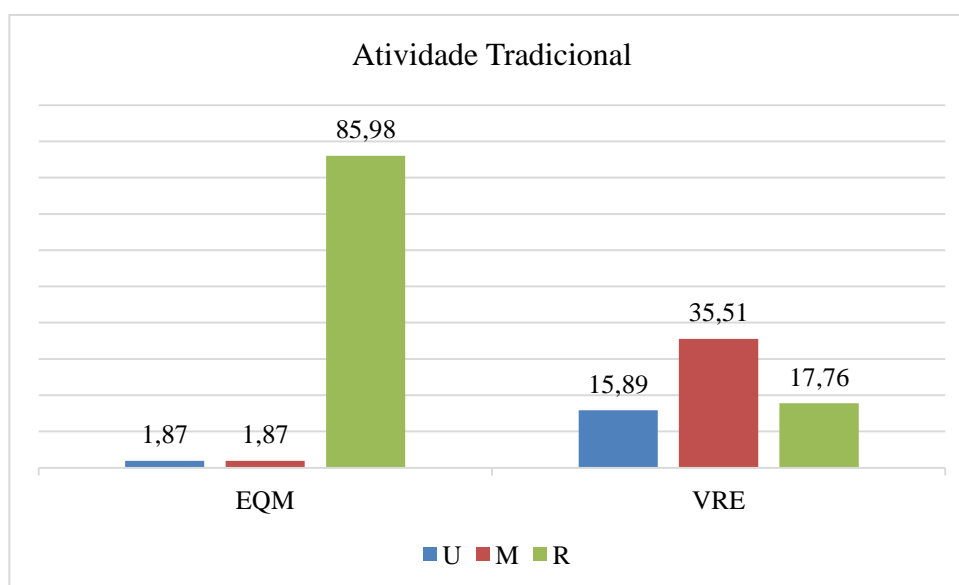
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Quando analisadas as respostas, o maior nível de complexidade alcançado por elas foi o Relacional para a categoria de habilidade (**EQM**). Para as categorias de habilidades (**PSP**) e (**VRE**), o maior nível de complexidade alcançado pelas respostas fornecidas por eles foi o Multiestrutural.

As respostas fornecidas pelos estudantes foram analisadas de maneira descritiva e são apresentadas nos **Gráficos 3 e 4**.

Gráfico 3 – Atividade Investigativa

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Gráfico 4 – Atividade Tradicional

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Comparativamente, identificamos que a habilidade procedimental (**EQM**), tanto na atividade investigativa como na tradicional, alcançou os maiores níveis de complexidade no nível Relacional (76,15% para a investigativa e 85,98% para a tradicional). No entanto, na atividade tradicional, percebemos um índice mais elevado no nível Relacional, tendo pouca incidência nos outros níveis de mais baixa complexidade. Para a atividade investigativa, a habilidade Procedimental também apresentou um índice razoável para o nível Uniestructural (20,77%). O resultado indica que a habilidade Procedimental está bem articulada para ambas

as atividades, o que é razoável do ponto de vista de ensino, uma vez que a/o tarefa/desafio demanda muitas ações para resolução do problema. Também é razoável obter maior índice dessa habilidade na atividade tradicional, pois ela demanda explicitamente a aplicação de regras específicas e o uso de ferramentas matemáticas. O fato de termos a explicitação dessa habilidade no nível Uniestructural, na atividade investigativa, pode ser devido à abertura do desafio, visto que os estudantes é que determinam a forma de resolução. Mas, ainda que não aja direcionamento para quais procedimentos devem ser realizados, obtivemos um alto índice da habilidade Procedimental no nível Relacional para a atividade investigativa, indicando que tal abordagem favoreceu a mobilização dessa habilidade.

Identificamos que, em geral, a habilidade interpretativa (**VRE**) apresentou o mesmo perfil de aparecimento nas duas atividades: Uniestructural < Multiestructural > Relacional. O nível mais contemplado em ambas foi o Multiestructural, indicando que, para esse tipo de habilidade, a atividade parece não favorecer a explicitação ou mobilização de modos de pensamento mais complexos que envolva o estabelecimento de relações entre os diferentes elementos de maneira a construir uma interpretação mais articulada. A maior diferença encontrada foi para o nível Uniestructural, que na investigativa foi de 13,85%, enquanto na tradicional foi de 15,89%.

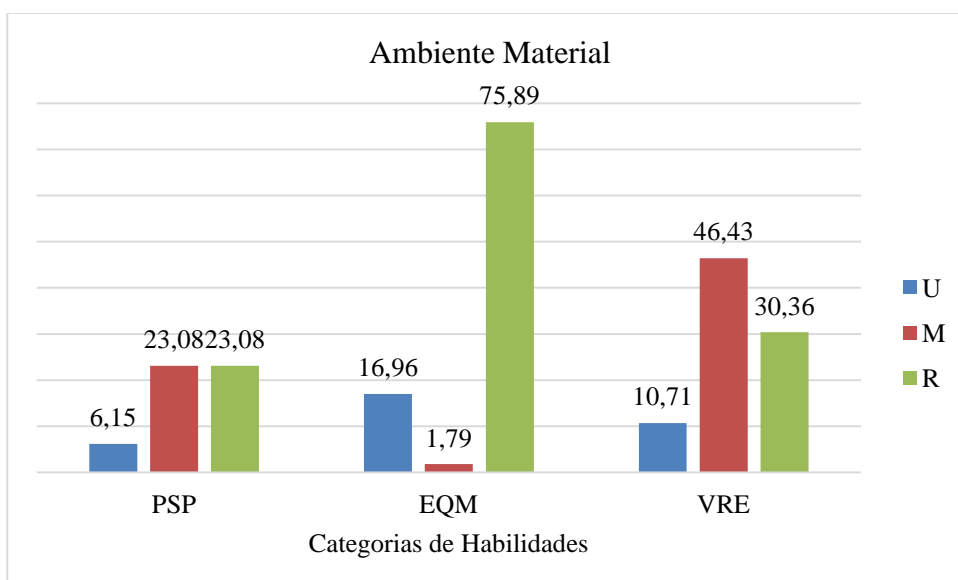
Esse resultado é um indicativo, ainda que incipiente, de que a atividade tradicional tem maior potencial para contemplar habilidades relacionadas à interpretação mais contundente dos fenômenos. Tendo em vista os achados em relação à habilidade interpretativa, podemos interpretar que, no geral, tal habilidade é contemplada em menor grau na atividade investigativa em comparação com a habilidade procedimental, independentemente da estratégia de ensino, ainda que tenhamos indícios de que a investigativa mobilize essa habilidade em níveis mais complexos.

Esse resultado também nos chama à atenção no que tange ao que a literatura aponta sobre atividades investigativas: segundo Carvalho (2013), as atividades dessa natureza têm o potencial de suscitar nos estudantes ações voltadas para o planejamento, execução e avaliação. Assim, era esperado que os participantes da atividade de natureza investigativa apresentassem um perfil de habilidade interpretativa com maior índice no nível Relacional. Uma possível justificativa pode estar no fato de muitos deles terem usado a ferramenta matemática sem identificar e definir a raiz do desafio proposto. Ainda assim, é preciso cautela em relação à utilização dos tipos de instrução, tendo em vista que tal expectativa não foi alcançada no caso do estudo de Pêndulo Simples aqui reportado.

Estudo II – Tipo de ambiente de ensino

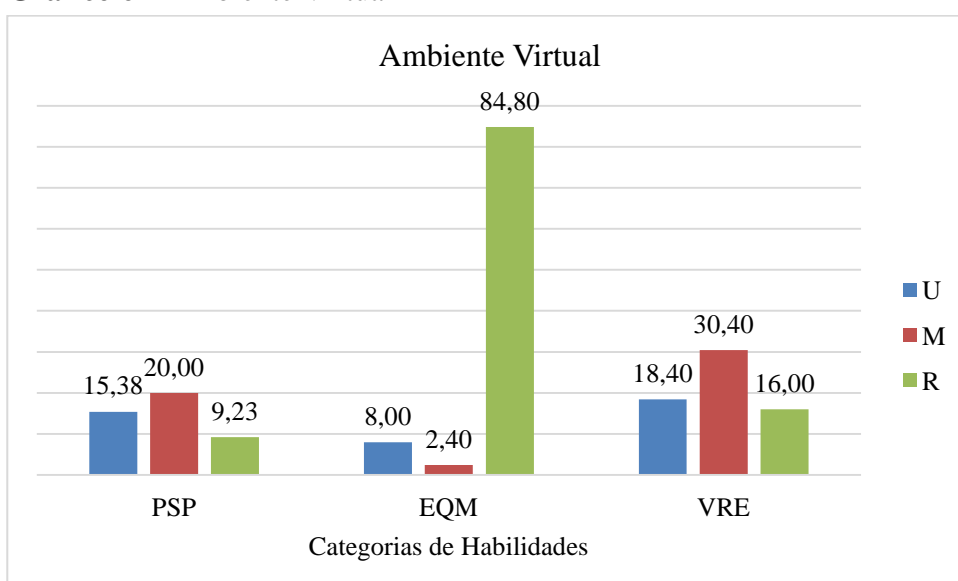
Nesse estudo é feita uma análise de acordo com o tipo específico de ambiente de ensino em que a atividade experimental ocorreu. Esse estudo diz respeito à questão: “Há diferença do perfil de habilidades, em termos de nível de complexidade, de acordo com o ambiente de ensino?”. Contamos com as respostas de 112 estudantes que participaram da atividade experimental no ambiente material e as respostas de 125 estudantes que participaram no ambiente virtual. Os **Gráficos 5 e 6** apresentam os perfis de frequência das habilidades inferidas nas respostas de acordo com o ambiente de ensino.

Gráfico 5 – Ambiente Material



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Gráfico 6 – Ambiente Virtual



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Verificamos, nos **Gráficos 5 e 6**, que o perfil de habilidades variou de acordo com o ambiente de ensino. Para as categorias **PSP** e **VRE**, tivemos indícios de que o ambiente material mobiliza essas categorias em níveis mais complexos. Para a categoria **PSP**, no ambiente material, encontramos 23,80% para os níveis Multiestrutural e Relacional e no ambiente virtual encontramos 20,00% para o nível Multiestrutural. Para a categoria **VRE**, no ambiente material, encontramos 46,43% para o nível Multiestrutural e no ambiente virtual encontramos 30,40% para o nível Multiestrutural. Para a categoria **EQM**, os indícios observados mostraram que o ambiente virtual tem maior potencial de mobilizar essa categoria em níveis mais complexos (encontramos 75,89% para o nível Relacional no ambiente material e 84,80% para o nível Relacional no ambiente virtual). Assim, podemos concluir que, em linhas gerais, o ambiente material e o virtual demandaram, na mesma proporção, a mobilização das categorias **EQM** e **VRE** de maneira individualizada: **EQM** (Uniestrutural > Multiestrutural < Relacional) e **VRE** (Uniestrutural < Multiestrutural > Relacional).

Comparando o perfil de frequência das habilidades inferidas nas respostas dos estudantes nos dois ambientes de ensino, é possível afirmar que os dois ambientes podem ser considerados e usados como potenciais recursos educacionais para promover o processo de aprendizagem.

O último estudo a ser apresentado nessa pesquisa abordará não só a natureza da abordagem utilizada como também o ambiente de ensino que foi utilizado na coleta de dados.

Estudo III – Natureza da atividade e tipo de ambiente de ensino

Esse estudo se refere à questão: “Há diferença do perfil de habilidades, em termos de nível de complexidade, de acordo com a abordagem e o ambiente de ensino?”. Os dados coletados foram separados de acordo com o ambiente de aplicação da atividade experimental e o tipo de abordagem utilizada. Contamos com as respostas de 237 estudantes, conforme distribuição apresentada no **Quadro 37**:

Quadro 37 – Intervenção x quantidade de estudantes

INTERVENÇÃO	QUANTIDADE DE ESTUDANTES
Atividade tradicional no ambiente material	47
Atividade investigativa no ambiente material	65
Atividade tradicional no ambiente virtual	60
Atividade investigativa no ambiente virtual	65
Total de 237 estudantes	

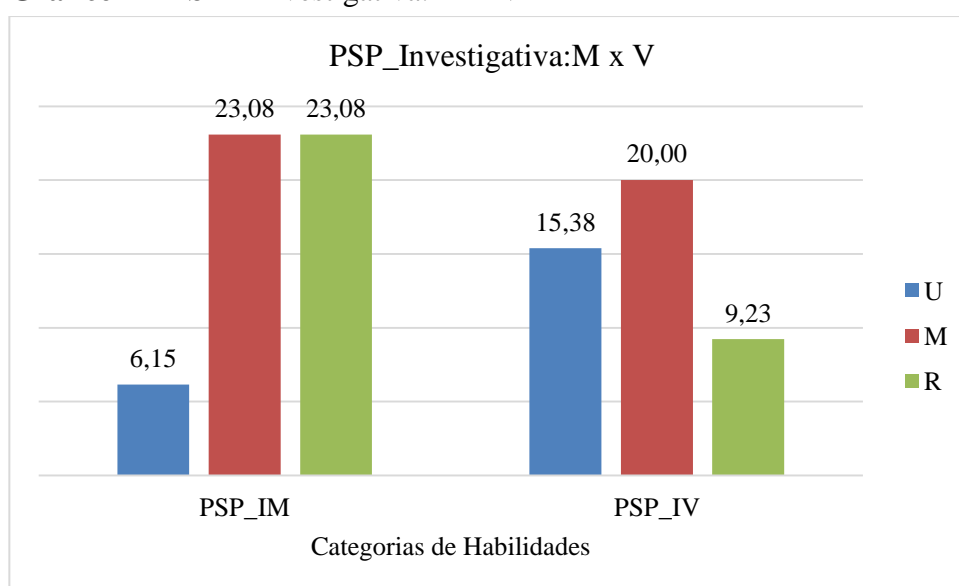
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A seguir, será feita uma análise de acordo com o tipo específico de habilidade utilizada pelos estudantes, a natureza da abordagem utilizada e o tipo de ambiente de ensino em que ocorreu a intervenção.

Habilidade – Propor a Solução do Problema (PSP)

Esse tipo de habilidade é específico da atividade de natureza investigativa. A seguir é apresentado o **Gráfico 7**, que mostra o perfil de frequência para a habilidade **PSP**.

Gráfico 7 – PSP – Investigativa: M x V



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Verificamos que houve o emprego da habilidade **PSP** relacionada ao planejamento das metas a serem alcançadas durante a realização da atividade experimental nos dois ambientes de ensino: material e virtual.

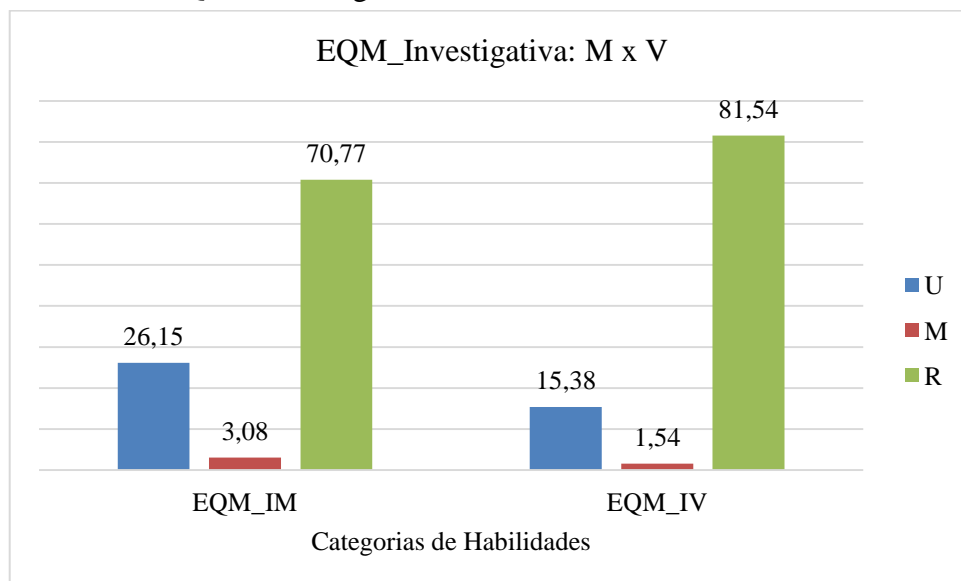
Comparativamente falando, não há uma simetria no perfil de habilidades apresentado para a atividade investigativa quando aplicada nos ambientes material e virtual. Observamos, no ambiente material, que os valores encontrados para o Multiestructural é praticamente igual ao encontrado para o Relacional e que o nível menos alcançado foi o Uniestructural (6,15%). Para o ambiente virtual, o perfil de aparecimento das habilidades indicou que o nível Multiestructural (20%) foi o mais acessado. Esse resultado indica que o ambiente de ensino provavelmente pode ter sido um diferencial para que o estudante conseguisse alcançar maiores níveis de pensamento de acordo com a Taxonomia SOLO para a habilidade **PSP**, sendo o material mais importante nesse sentido.

Sistematizando, o primeiro resultado aponta que, para a atividade investigativa, o ambiente material favorece mais o alcance de níveis de complexidade mais elevados quando avaliamos a habilidade de planejar metas e a solução do problema. Uma possível interpretação é que, no caso dessa habilidade, lidar com objetos reais facilite a visualização de relações a serem estabelecidas e, portanto, facilite esse planejamento.

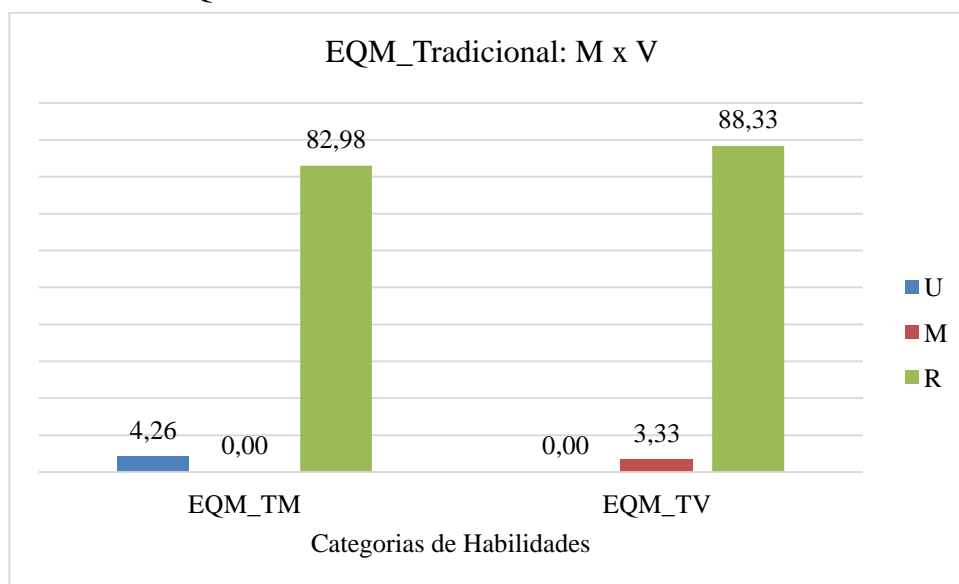
Habilidade – Resolver a Equação Matemática (EQM)

Considerando que a habilidade Procedimental **EQM** foi inferida nas respostas fornecidas pelos estudantes, que participaram das duas abordagens nos dois ambientes de ensino e foi feito um pareamento de itens da atividade investigativa com itens da atividade tradicional, os resultados e discussões serão apresentados de modo comparativo. Os **Gráficos 8 e 9** apresentam os resultados encontrados nas duas amostras.

Gráfico 8 – EQM – Investigativa: M x V



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Gráfico 9 – EQM – Tradicional: M x V

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Verificamos que o maior nível da Taxonomia SOLO da habilidade Procedimental **EQM**, nos dois ambientes de ensino, foi o Relacional.

É verificada que, para as duas amostras, o menor nível de complexidade Uniestructural foi mais explicitado que o nível intermediário Multiestructural, e isso ocorre em maior escala na atividade investigativa. É importante frisar que o item T5I3 solicitava diretamente que o estudante fizesse uso da equação da velocidade para calcular o valor da aceleração da gravidade na atividade tradicional. Isso quer dizer que a maioria dos estudantes tem dificuldade em fazer uso da ferramenta matemática de maneira adequada.

Outro fator importante a ser observado é que para os níveis Uniestructural e Multiestructural é verificada uma inversão de padrões nos índices de frequência entre as respostas para a atividade tradicional no ambiente material e no ambiente virtual. Como só uma pequena quantidade de participantes apresentou esse comportamento oscilante, o resultado pode estar associado ao fato desses estudantes terem dificuldade de interpretar o enunciado da atividade.

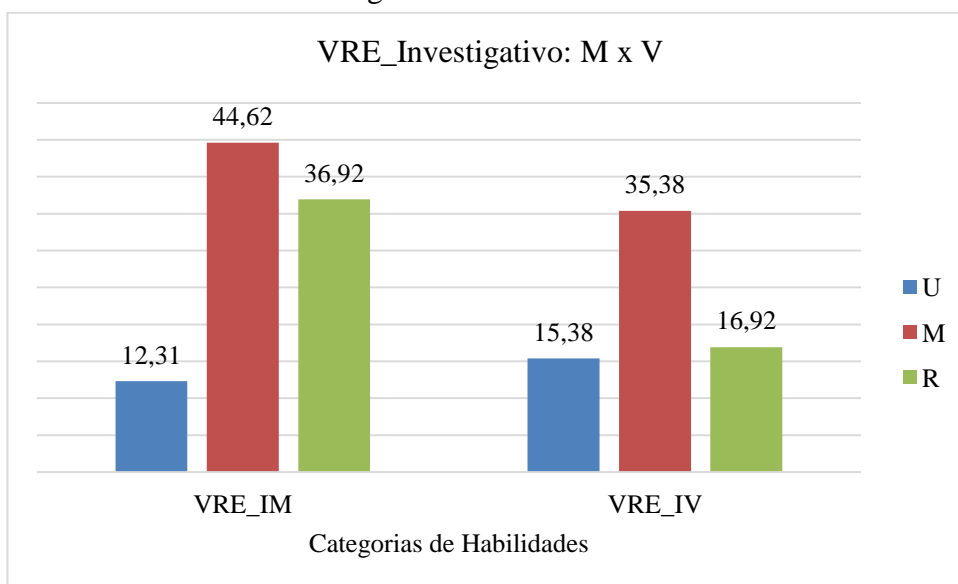
Comparando os **Gráficos 8** e **9**, é possível verificar que as quatro amostras de respondentes apresentaram elevados índices de frequência no nível Relacional para as duas atividades. Interpretamos que os estudantes tiveram a capacidade de escrever a equação matemática, substituir os valores das grandezas, fazer a parte algébrica e encontrar um valor final para \vec{g} . Esse resultado nos indica que, apesar de muitos estudantes apresentarem dificuldades em analisar a atividade e propor uma solução coerente, eles conseguem usar a ferramenta matemática de maneira adequada. Os estudantes, cujas respostas foram

categorizadas no nível Uniestructural, foram aqueles que só conseguiram escrever a equação matemática para o cálculo de \vec{g} , reportaram que utilizaram a equação ou escreveram um valor final para \vec{g} . Uma provável causa para a dificuldade de resolução apresentada por esses estudantes, pode ser a não identificação das variáveis de suporte para a solução da atividade. No caso dos que realizaram a atividade de natureza investigativa, eles podem ter tido dificuldade em determinar, a partir do conteúdo sobre Pêndulo Simples, qual a equação adequada para resolver o desafio. Já os que participaram da atividade tradicional, a dificuldade pode ter sido na leitura e interpretação, uma vez que a equação para o cálculo do valor de \vec{g} foi escrita de modo explícito no enunciado da tarefa.

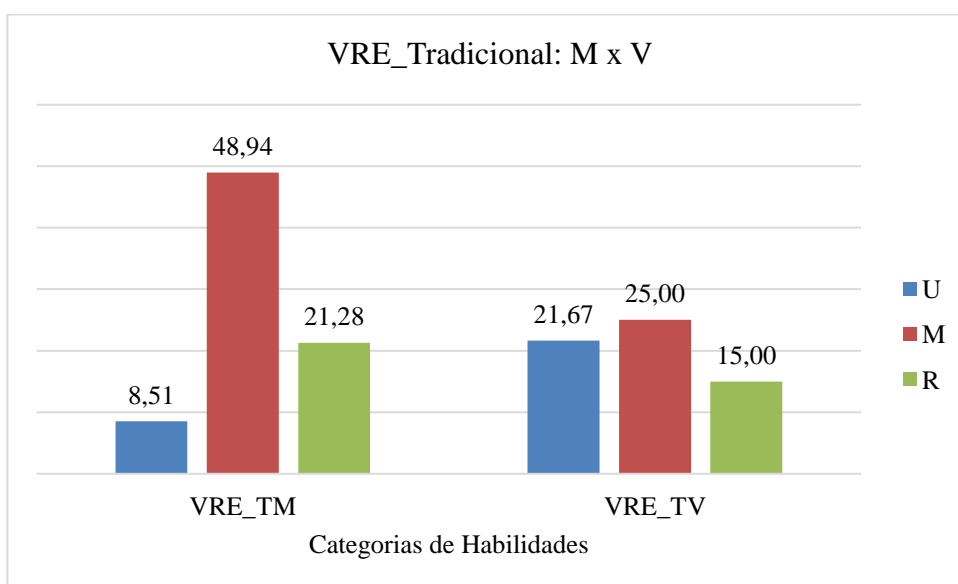
Esse resultado, em particular, indica a potencialidade da prática experimental para o alcance de habilidades do tipo procedimental em patamares mais elevados de complexidade (relacional), qualquer que seja o ambiente e o tipo de abordagem. Isso nos leva a concluir que, se o professor deseja que seja mobilizada nos estudantes a habilidade de resolver equações matemáticas em um nível mais complexo, ao realizar uma prática experimental ele pode: utilizar uma atividade tradicional no ambiente material; utilizar uma atividade tradicional no ambiente virtual; utilizar uma atividade investigativa no ambiente material ou utilizar uma atividade investigativa no ambiente virtual. Essa opção de uso de diferentes intervenções é positiva, pois dá ao professor a possibilidade de utilizar diferentes metodologias de ensino.

Habilidade – Verificar a Resposta Encontrada (VRE)

Identificamos que a habilidade interpretativa **VRE** foi utilizada pelos estudantes que participaram das quatro intervenções. Assim, será feita uma comparação entre os índices de frequência de acordo com a natureza da atividade realizada. Os **Gráficos 10** e **11** apresentam os resultados encontrados nas duas amostras.

Gráfico 10 – VRE – Investigativa: M x V

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Gráfico 11 – VRE – Tradicional: M x V

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Identificamos que quase o mesmo perfil das categorias de complexidade ocorreu nos quatro grupos: nos dois ambientes da atividade investigativa (virtual e material) e nos dois ambientes da atividade tradicional (virtual e material). Houve predominância do nível Multiestrutural para a habilidade **VRE**, seguida da Relacional e, por fim, da Uniestructural, com exceção para a atividade tradicional aplicada no ambiente virtual, pois nesse caso o perfil mais acessado foi o Multiestrutural, seguido do Uniestructural e, por último, o Relacional. Interpretamos esse resultado como indicativo que tal habilidade foi bem mobilizada pela

prática experimental em geral, mas não o suficiente para atingir os níveis mais complexos em sua totalidade.

As porcentagens das categorias relativas ao Multiestrutural nos quatro grupos demonstram que a amostra de estudantes consegue reconhecer (escrever) que existe uma diferença entre o valor de \vec{g} , encontrado empiricamente, e o valor de \vec{g} , definido teoricamente, além de citar elementos que possam justificar essa diferença, estando incorretos ou equivocados. Já para o único grupo, cujo perfil acessado foi o Multiestrutural seguido do Uniestrutural, que realizou a atividade tradicional em ambiente virtual, podemos interpretar que os estudantes desse grupo foram capazes de reconhecer que existia uma diferença entre o valor encontrado empiricamente e o definido teoricamente, mas provavelmente não conseguiram estabelecer outros elementos para interpretar essa diferença ou ainda estabelecer relações causais ou explicativas.

A atividade de natureza investigativa foi a que mais evidenciou a explicitação da habilidade **VRE** no nível Relacional, em contraste com a atividade tradicional, que apresentou maior índice de frequência no nível de complexidade Multiestrutural nos dois ambientes.

Tanto para a atividade investigativa como para a tradicional, verificamos que o perfil de habilidades de execução é similar ao perfil de habilidades de interpretação para os dois ambientes de ensino. Esse resultado é um indicativo, ainda que incipiente, de que quando o estudante define as metas experimentais, ele terá um maior potencial em fazer uma interpretação científica (fenomenológica) do fenômeno físico estudado.

Considerações Finais

Nesse estudo, apresentamos uma investigação sobre as estratégias mobilizadas pelos estudantes ao resolverem a/o tarefa/desafio do cálculo da gravidade em uma atividade de conteúdo de Pêndulo Simples. Foram investigados os níveis das habilidades inferidas nas respostas quando usada a ferramenta matemática e a verificação da coerência da resposta encontrada com o contexto de realização do experimento. Usando a Taxonomia SOLO, foi feita uma classificação da complexidade das habilidades. Esse procedimento metodológico tem sido amplamente utilizado na avaliação de conhecimento e aprendizagem em vários estudos de diferentes áreas (AMANTES, 2005; CASTRO, 2017).

Interpretamos que os estudantes, cujas habilidades inferidas nas respostas abrangeram o nível Relacional, foram aqueles que apresentaram elevados níveis de entendimento do

conteúdo de Pêndulo Simples, fornecendo respostas coerentes com as informações dispostas: os que atingiram o nível Multiestrutural tiveram uma compreensão ainda carente de articulação e os que atingiram o nível Uniestrutural focaram em um único aspecto da/o tarefa/desafio.

Os resultados encontrados na pesquisa mostraram que, para a atividade de natureza investigativa, os estudantes apresentaram certa dificuldade em propor a solução do desafio. No entanto, os que participaram das duas abordagens, tiveram a capacidade de identificar as variáveis de suporte e, em alguns casos, identificaram a ferramenta matemática a ser utilizada no cálculo dos valores das grandezas. Ou seja, eles demonstraram habilidades para converter o enunciado da atividade em símbolos matemáticos e, com isso, usar a ferramenta matemática para calcular o valor da gravidade. Esse tipo de mobilização foi considerado, para classificar as respostas fornecidas pelos estudantes, como pertencentes ao nível mais alto de complexidade.

Os dois resultados apontam para o fato de que a proposição de etapas não é uma habilidade muito desenvolvida em práticas experimentais, pelo menos as que foram aqui estudadas, uma vez que verificamos tal dificuldade nas respostas da tarefa em que essa demanda ocorreu (atividade investigativa). Por outro lado, a interpretação de comandos para execução da tarefa e para aplicação das ferramentas, já usuais, foi bem mobilizada, inclusive com alto nível de complexidade, indicando que essas habilidades são bem trabalhadas nas práticas experimentais, tanto investigativa quanto tradicionais. Por fim, quanto ao perfil de frequência apresentado para a habilidade interpretativa, o maior índice de frequência apresentado pelas duas abordagens foi no nível Multiestrutural.

Ao levar em consideração o ambiente de ensino em que a abordagem foi aplicada, fizemos uma análise de acordo com o tipo de habilidade explicitada pelo estudante. Para a habilidade **PSP**, verificamos que o maior nível de habilidade alcançado foi o Multiestrutural, e que houve uma simetria na distribuição do perfil de frequência para essa habilidade.

Para a habilidade **EQM**, verificamos que para a atividade investigativa houve uma simetria entre os perfis de frequência apresentados para o ambiente material e virtual, sendo que o nível Relacional foi o mais explicitado pelos estudantes. Já para a atividade tradicional, o maior nível de habilidade explicitado para as duas amostras de estudantes foi o Relacional, porém para os níveis Uniestrutural e Multiestrutural foi apresentada uma inversão de perfil entre os dois ambientes de ensino.

Para a habilidade **VRE**, verificamos que a atividade investigativa apresentou o Multiestrutural como nível de habilidade mais explicitado, mantendo uma simetria entre os

perfis de frequência para os outros níveis de habilidade quando comparadas as duas amostras. Já para a atividade de natureza tradicional, o nível de habilidade mais explicitado foi o Multiestrutural, porém não foi mantida uma simetria entre os perfis de frequência para os outros níveis de habilidade quando comparadas as duas amostras. Esse resultado nos leva a concluir que o ambiente de ensino pode ter influenciado quando aplicada a atividade de natureza tradicional no ambiente material, pois a diferença entre o índice de frequência do nível Multiestrutural e os índices de frequência dos outros dois níveis parece ser significativa. Outros estudos devem ser conduzidos para evidenciar essa influência.

As contribuições desse trabalho podem ser discriminadas em relação à metodologia de pesquisa/ensino e em relação ao conhecimento sobre o ensino de conteúdo científico mediado por prática experimental. Do ponto de vista metodológico, apresentamos a utilização da Taxonomia SOLO como ferramenta de análise da complexidade de habilidades reportadas nas/os tarefas/desafios. Nessa perspectiva, o uso de atividades que suscitam o pensamento lógico é considerado como uma ferramenta promissora no processo de ensino-aprendizagem (CARVALHO, 2013). Assim, o uso da Taxonomia SOLO no contexto educacional é promissora, enquanto ferramenta de avaliação, uma vez que tem a função de identificar como os estudantes operam em determinadas/os tarefas/desafios em termos de modos de pensamento, abarcando a etapa de identificação da/o tarefa/desafio, os procedimentos de resolução, os pensamentos matemáticos e a compreensão de conceitos físicos (LIAN; IDRIS, 2006; ANGATEEAH, 2017).

Os achados desse estudo apontam que a prática experimental é uma metodologia que deverá mobilizar habilidades procedimentais, independentemente do ambiente (virtual ou material) e também da abordagem (investigativa ou tradicional). Identificamos que outros aspectos podem ser explorados nesse tipo de atividade, como a capacidade de interpretar os resultados que é mais contemplada em atividades investigativas. Do ponto de vista do ambiente, identificamos que o ambiente virtual mobilizou pouco o pensamento dos estudantes no momento em que fizeram uso de estratégias de avaliação para resolver a atividade tradicional. Esse resultado pode ser um indicativo que, apesar do aspecto atividade ter contribuído para que houvesse a mobilização de habilidades em um nível de maior complexidade, o aspecto ambiente não contribuiu na mesma proporção. Assim, se o professor deseja que o estudante mobilize habilidades interpretativas em níveis mais complexos ao utilizar uma atividade tradicional, ele deve realizar a prática experimental no ambiente material.

Referências

- ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, London, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, 2008.
- AMANTES, A. **O entendimento de estudantes do ensino médio sobre movimento relativo e referencial inercial**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- AMANTES, A.; OLIVEIRA, E. A. G. A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, [online], v. 14, p. 61-79, 2012.
- ANGATEEAH, K. S. An investigation of students' difficulties in solving non-routine word problem at lower secondary. **International Journal of Learning and Teaching**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 46-50, 2017.
- AZIZAH, K. N.; IBRAHIM, M.; WIDODO, W. Process Skill Assessment Instrument: Innovation to measure student's learning result holistically. **Journal of Physics: Conference Series**, Dublin, v. 947, p. 1-6, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/947/1/012026/pdf>. Acesso em: 23 ago. 2020.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy**. New York: Academic Press, 1982.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BUTLER, L.; COLEONI, E. Solving problems to learn concepts, how does it happen? A Case for Buoyancy. **Physical Review Physics Education Research**, EUA, v. 12, n. 2, p. 020144. 2016.
- CAMBI, F. **História da pedagogia**. Tradução: Álvaro Lorencini. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1999.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CASTRO, F. R. **A evolução das habilidades cognitivas de raciocínio lógico em tecnologia da informação**. 2017. 281 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.
- CHANG, H. P.; LEDERMAN, N. G. The effect of levels of cooperation with physical science laboratory groups on physical science achievement. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, p. 167-181, 1994.

DAWSON, T. L.; STEIN, Z. Cycles of research and application in education: Learning pathways for energy concepts. **Mind, Brain and Education**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 90-103, 2008.

DRIGAS, A. S.; VRETTAROS, J.; KOUKIANAKIS, L. A Virtual Lab and E-Learning System for Renewable Energy Sources. *In: International Conference on Educational Technologies*, Tenerife, Canary Islands, Spain, 16 of 18 December 2005. pp. 149-153.

FISCHER, K. W. A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. **Psychological Review**, Washington, v. 87, p. 477-531, 1980.

FORTE, C. *et al.* Implementação de laboratórios virtuais em realidade aumentada para educação à distância. *In: 5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2008. **Anais [...]**. Bauru, São Paulo, UNESP, 19 a 21 de novembro de 2008.

GADÉA, S. J. S. **Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas**. 2016. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. **Developing models in science education**. Switzerland: Springer, 2000. *E-book*.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: estudos socioculturais e a teoria da ação mediada**. Ijuí: Unijuí, 2008.

GUNSTONE, R. F.; CHAMPAGNE, A. B. Promoting conceptual change in the laboratory. *In: HEGARTY-HAZEL, E. (ed.). The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge, 1990. pp. 159-182.

GKIOKA, O. J. Learning how to teach experiments in the school physics laboratory. **Journal of Physics: Conference Series**, Dublin, v. 1286, p. 1-11, 2019.

HODSON, D. Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. **Studies in Science Education**, London, v. 22, p. 85-142, 1993.

HODSON, D. Research on practical work in school and universities: In pursuit of better questions and better methods. **Proceedings of the 6th European Conference on Research in Chemical Education**, University of Aveiro, Aviero, Portugal, 2001.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. **Laboratory in Science Education**, [S. l.], p. 28-54, 2003. Disponível em: <https://gpquae.iqm.unicamp.br/gtexperimentacao.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2020.

HOHENFELD, D. P. **A natureza quântica da luz nos laboratórios didáticos convencionais e computacionais no ensino médio**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

HOHENFELD, D. P.; PENIDO, M. C. Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. *In: Anais do VII ENPEC*, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.

IBRAHIM, D. Engineering Simulation with MATLAB: Improving Teaching and Learning Effectiveness. *Procedia Computer Science*, [on-line], n. 3, p. 853-858, 2011.

ISQUIERDO, E. F.; BERGHAUSER, N. C. A.; O uso do laboratório de física e a sua eficácia para o processo de ensino-aprendizagem. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, Medianeira, v. 8, n. 15, e-5185, 2017.

LÉVY, P. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. São Paulo: Editora 34, 1993.

LIAN, L. H.; IDRIS, N. Assessing algebraic solving ability of form four students. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, [on-line], v. 1, n. 1, p. 55-76, 2006.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86. 2002.

PORTO, S. C. C. **Laboratório virtual x laboratório material**: Investigando a natureza do entendimento construído em dois ambientes de aprendizagem. 2015. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

PYATT, K.; SIMS, R. Virtual and Physical Experimentation in Inquiry-Based Science Labs: Attitudes, Performance and Access. *Journal of Science Education and Technology*, Switzerland, v. 21, p. 133-147, 2012.

RUMBLE, G. The economics of mass distance education. *In: HARRY, K.; JOHN, M.; KEEGAN, D. (eds.). Distance education: new perspectives*. 1. ed. London: Routledge, 1993. pp. 94-107.

SÉRÉ, M.-G. Towards Renewed research questions from the outcomes of the European project labwork in science education. *Science Education*, [on-line], v. 86, p. 624-644, 2002.

SIRAJUDDIN, J. *et al.* Desenvolvimento e validação de instrumento de habilidades de processo de ciência em física. *Journal of Physics: Conference Series*, Dublin, v. 1028, p. 1-17, 2018.

TAMIR, P. Evaluation of student work and its role in developing policy. *In: HEGARTY-HAZEL, E. (ed.). The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge, 1990. pp. 242-266.

THRELKELD, R.; BRZOSKA, K. Research in Distance Education. *In: WILLIS, B. (ed.). Distance education: strategies and tools*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, 1994. pp. 41-66.

WILCOX, B. R.; LEWANDOWSKI, H. J. Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. **Physical Review Physics Education Research**, EUA, v. 13, 010108, 2017.

WILKENSON, J. W.; WARD, M. The purpose and perceived effectiveness of laboratory work in secondary schools. **Australian Science Teachers' Journal**, Australian, p. 43-55, 1997.

XAVIER, A. P. **Laboratório virtual versus laboratório material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. 2018. 221 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

CAPÍTULO 4: FATORES QUE DEMARCAM QUAL O TIPO DE ESTRATÉGIA É EMPREGADA NA RESOLUÇÃO DE TAREFAS E DESAFIOS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Factors that demark what type of strategy is used to solve tasks and challenges in experimental activities

Silvia Carla Cerqueira Porto, Amanda Amantes

Resumo

Neste artigo, elencamos quais os possíveis fatores que influenciam as estratégias utilizadas pelos estudantes ao resolverem atividades de natureza tradicional e investigativa em dois ambientes de ensino distintos: material e virtual. Analisamos as habilidades mobilizadas por 237 estudantes que participaram das intervenções e forneceram respostas à/ao tarefa/desafio proposto. Conduzimos uma análise exploratória que teve como objetivo identificar possíveis preditores, a partir dos dados dos sujeitos. Dessa maneira, avaliamos três possíveis preditores amostrais – gênero, curso e instituição – procurando indícios de sua influência a partir das diferenças da frequência de habilidades específicas mobilizadas em cada ambiente e cada abordagem.

Palavras-chave: estratégias; preditores; tarefas; desafio.

Abstract

In this article, we listed the possible factors that influence the strategies used by students when solving activities of a traditional and investigative nature in two distinct teaching environments: material and virtual. We analyzed the skills mobilized by 237 students who participated in the interventions and provided answers to the proposed task/challenge. We conducted an exploratory analysis that aimed to identify possible predictors from the subjects' data. Thus, we evaluated three possible sample predictors – gender, course and institution – looking for evidences of their influence from the differences in the frequency of specific skills mobilized in each environment and each approach.

Keywords: strategies; predictors; tasks; challenge.

Introdução

Estudos como os desenvolvidos por Gadéa (2016) e Xavier (2018) têm mostrado que, durante o processo de aprendizagem, os estudantes ficam sujeitos à influência de diferentes fatores – preditores de aprendizagem – associados às características individuais de cada estudante, aos grupos de estudantes, à natureza da atividade utilizada, ao ambiente de ensino ou associados a fatores externos ao contexto da sala de aula.

Definimos aprendizagem enquanto processo que decorre da evolução dos níveis de entendimento dos sujeitos ao longo do tempo (AMANTES, 2009). Nesse trabalho, definimos estratégia como o conjunto de habilidades explicitadas pelos estudantes no momento em que resolvem tarefas/desafios propostos em atividades (WEINSTEIN; MAYER, 1986).

Em pesquisas anteriores, já investigamos o tipo de habilidade utilizada pelos estudantes ao resolverem atividades de diferentes naturezas em distintos ambientes de ensino, e em que medida essas habilidades podem apresentar variados níveis de complexidade. Em certa medida, há um consenso na literatura sobre o emprego de práticas experimentais para potencializar a aprendizagem de conteúdos formais, em especial a Física, e muitas investigações sobre os diferentes tipos de habilidades explicitadas no ambiente de laboratório vem sendo conduzidas (ZACHARIA, 2007; HERGA; DINEVSKI, 2012; GUNAWAN *et al.*, 2018).

As pesquisas conduzidas por Lunetta, Hofstein e Clough (2007) concluíram que o uso de laboratórios materiais contribui para os estudantes aprimorem suas habilidades práticas e se envolvam com os fenômenos científicos observados, pois esse tipo de ambiente incorpora o uso de objetos concretos, dando oportunidade para que os estudantes interajam diretamente com o fenômeno científico observado. Já as conduzidas por Trindade, Fiohais e Almeida (2002), concluíram que o uso de ambientes de laboratório virtual possibilita que os estudantes formem modelos conceituais por diversos processos, tendo como suporte o uso de recursos tecnológicos. Dentre esses processos, podemos citar a possibilidade de que o estudante use o computador para realizar experimentos seguros com minimização de erros experimentais.

Mediante a verificação de pesquisas como as citadas, identificamos que existem lacunas nos estudos em relação ao mapeamento das estratégias utilizadas pelos estudantes para realizarem tais atividades. Entretanto, apesar de já termos constatado que, atrelado ao processo da aprendizagem está o uso de diferentes estratégias de resolução de tarefas/desafios, é relevante que sejam investigados em que medida podem existir preditores associados às peculiaridades da natureza da atividade aplicada e ao ambiente de ensino (laboratório material e laboratório virtual), que se relacionam com as estratégias utilizadas pelos estudantes no momento em que resolvem as atividades propostas.

Atividade Experimental, Estratégias dos Estudantes e Preditores

A realização de aulas em ambientes de laboratório é tida como parte importante no ensino de Ciências. Esses laboratórios são descritos como ambientes em que é possível a

realização de práticas experimentais de maneira controlada (AL MUSAWI *et al.*, 2018). Para Bellotti, Berta e De Gloria (2010), as experiências realizadas no ambiente de laboratório, além de favorecer a concentração dos estudantes, estimulam a capacidade que eles têm em processar informações. Essas experiências podem ser realizadas em diferentes tipos de laboratórios, como os do tipo material e os do tipo virtual (NERSESIAN; SPRYSZYNSKI; LEE, 2019).

As atividades experimentais têm diferentes classificações (BORGES, 2002), sendo que a atividade investigativa tem sido contrastada com a tradicional em termos de otimização da aprendizagem (CARVALHO, 2013). Borges (2002, p. 304) apresenta esse contraste levando em consideração “o grau de abertura, o objetivo da atividade e a atitude do estudante em relação à atividade”. Fazer esse contraste nem sempre é ruim, principalmente quando o objetivo não é subjugar uma em relação à outra, mas sim avaliar as contribuições e limitações de cada uma.

Uma concepção usual de atividade tradicional é proposta por Yager, Englen e Snider (1969), Hofstein (1988) e Omar *et al.* (2009), os quais definem esse tipo de atividade como aquela que possui um formato “livro de receitas”. Para esses pesquisadores, apesar desse tipo de atividade favorecer o processo de construção de conhecimentos formais pelos estudantes, elas apresentam limitações quanto à mobilização de diferentes tipos de habilidades de pensamento. Já a atividade investigativa é definida, dentre outras formas, como aquela que, por exemplo, induz o estudante a pensar sobre o fenômeno observado durante a realização de uma prática experimental, ou seja, os estudantes têm a possibilidade de identificar quais os fatores que necessitam ser investigados (CARVALHO, 2013).

O emprego dessas atividades práticas, tanto tradicionais como investigativas, tem sido discutido em termos do uso do laboratório virtual. Estudos como os realizados por Zacharia, Olympiou e Papaevripidou (2003), Hohenfeld (2013) e Al Musawi *et al.* (2018) têm sido desenvolvidos com o objetivo de identificar semelhanças e/ou diferenças quanto à atuação do ambiente material e virtual de práticas experimentais. Os resultados dessas pesquisas apontam para as contribuições provenientes da realização de práticas experimentais nesses dois ambientes distintos. O ambiente de laboratório material se apresenta como recurso muito importante por ser um espaço onde é possível que os estudantes explorem situações inesperadas, como erros associados a processos de medição e sensações táteis (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007). Entretanto, algumas vantagens são apontadas quanto ao uso de laboratórios virtuais, como: não há risco físico, as experiências podem ser replicadas quantas vezes o estudante quiser e, principalmente, o fato de poder realizar algumas

experiências não observáveis na natureza, por exemplo, algumas associadas à Física Atômica (FINKELSTEIS *et al.*, 2005; ZHANG; LINN, 2011; OLYMPIOU; ZACHARIA, 2012; BRINSON, 2015).

Na perspectiva do uso conjugado dos dois tipos de ambientes de laboratório (material/virtual), muitas pesquisas têm mostrado que esses ambientes servem para auxiliar os estudantes a explorar, interagir e construir o conhecimento de maneira mais eficaz (XAVIER, 2018; PARONGE; MAYER, 2018). Com esse objetivo em mente, o processo de construção de simulações úteis se torna complexo, pois envolve pôr em execução diferentes componentes de interfaces interativas voltadas para um fim didático-pedagógico.

Stahre Wästberg *et al.* (2019) identificaram alguns fatores associados à criação de laboratórios virtuais que podem impactar diretamente no uso e no desempenho dos estudantes ao empregarem esse recurso. Como principais fatores a serem considerados, foram identificados: a indicação clara para o estudante com o que ele irá interagir (simulação, demonstração etc.); usar o *designer* e tecnologia mais simples possível e, ainda assim, atender às demandas solicitadas de maneira eficiente; os níveis de realismo e precisão devem se adaptar ao nível de entendimento dos grupos-alvo e aos objetivos de aprendizagem pretendidos; ter a capacidade de simular o mais próximo possível um fenômeno natural, contanto que não forneça compreensão por conta própria; suprir o ambiente do laboratório virtual com textos orientadores e explicativos que sirvam de apoio pedagógico para o professor. Enfim, a criação e a implementação de um ambiente de laboratório virtual é um processo complexo, que envolve diferentes requisitos a depender das circunstâncias próprias de cada projeto.

Nesses ambientes de laboratório (material/virtual) frequentemente são realizadas práticas experimentais de naturezas distintas. Geralmente, as de natureza tradicionais, são as mais comumente utilizadas, seguidas do uso das atividades de natureza investigativa. Apesar de as atividades tradicionais e investigativas serem utilizadas nos ambientes de laboratório, estudos sistemáticos sobre o que cada uma delas oferece, em relação às habilidades desenvolvidas e conhecimentos construídos, são escassos.

Pesquisas como as desenvolvidas por Hofstein *et al.* (2005), Malone (2008), Halim (2016) e Xavier (2018) têm apontado para a necessidade de investigar as estratégias de aprendizagem utilizadas pelos estudantes ao resolverem tarefas/desafios. Uma maneira de conduzir tais estudos é mapear as estratégias de aprendizagem dos estudantes, definidas enquanto um conjunto de habilidades (WEINSTEIN; MAYER, 1986) que podem se apresentar em diferentes graus de complexidade, a depender de diferentes fatores contextuais

e individuais. Entender como esses fatores afetam a *performance* em atividades no laboratório também se mostra relevante para melhorar os *designs* instrucionais dessa natureza.

Dessa maneira, é fundamental desenvolver estudos que busquem averiguar se cada um desses aspectos (natureza da atividade e tipo de laboratório) predispõe uma aprendizagem mais facilitada, a depender de fatores amostrais/contextuais (tais como gênero, curso de formação, efeito professor, tipo de escola, estado etc.).

No ramo de Ensino de Ciências, muitos são os estudos realizados com intuito de identificar quais os fatores – associados aos estudantes, ao tipo de atividade, ao contexto de ensino e o ambiente externo – podem ser considerados enquanto preditores da aprendizagem e de outros traços. Podemos citar os desenvolvidos por: Gadéa e Amantes (2019), que fizeram uma investigação de caráter exploratório, para identificar a existência de possíveis preditores de aprendizagem que podem ter influenciado o modo como os estudantes interagem e aprendem ao responderem a uma atividade investigativa; Gomes, Amantes e Jelihovschi (2020), que realizaram uma análise preditiva do desempenho discente em ciências do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2011; Owusu e Cobbold (2020), que investigaram quais os fatores que influenciaram as estratégias de aprendizagem utilizadas pelos alunos de economia do Ensino Médio (SHS); Lu *et al.* (2021), que usaram uma análise de modelagem de equação estrutural para examinar as relações entre os fatores-chave que influenciam a aprendizagem dos alunos e seu desenvolvimento das habilidades de pensamento de ordem superior em um ambiente de sala de aula inteligente.

A análise de trabalhos que investigam a influência de preditores de aprendizagem no desempenho dos estudantes tem mostrado que esses agentes se apresentam de maneira multifacetada, complexa e inter-relacionada. Abarcam desde as características próprias de cada estudante até interações sociais, *status* econômico, estrutura física da instituição educacional e fatores externos como peculiaridades associadas à comunidade que habita em volta da instituição educacional e fatores de risco associados com o ambiente familiar dos estudantes (BINDER *et al.*, 2019).

Não queremos, por hora, desconsiderar a atuação e a relevância da figura do professor no ambiente escolar. Pesquisas como as desenvolvidas por Araghieh (2011), Sadler *et al.* (2013), e Blazar e Matthew (2017) têm mostrado que quanto mais capacitados forem os professores, mais facilmente usarão suas habilidades no desempenho de atividades que favoreçam o aprendizado dos estudantes. Assim, apesar de fatores externos comprometerem a qualidade de vida dos estudantes e, conseqüentemente, seu aprendizado, outros fatores associados ao ambiente escolar podem ser potencializados com intuito de otimizar a

aprendizagem. Um desses fatores refere-se à qualificação do professor e maior atuação por parte dos pais ou responsáveis. No caso, os pais poderiam atuar na educação dos filhos desde a idade pré-escolar, sendo que os professores têm maior atuação durante todo o processo de formação acadêmica (DESFORGES; ABOUCHAAR, 2003).

Nessa perspectiva, a identificação de preditores de aprendizagem se mostra um tema relevante, uma vez que vai permitir que outros recursos, além dos testes e atividades, sejam usados para a averiguação do desempenho dos estudantes. Assim, a observação desses fatores pode facilitar a implantação de um ambiente educacional mais produtivo. Diante dessa necessidade, essa pesquisa visa: Elencar possíveis fatores amostrais que podem estar relacionados ao emprego de determinadas estratégias de resolução de problemas e desafios, tendo em vista atividades de natureza investigativa e tradicional aplicadas em ambientes virtual e material.

Métodos

Sujeitos e Contexto

A pesquisa relatada nesse artigo foi aplicada em dois *campi* de uma escola pública federal. Tivemos a participação de 341 estudantes. Desses, 104 devolveram as folhas de respostas em branco, então contamos com 237 respondentes. Responderam à atividade de natureza investigativa 130 estudantes de turmas da 1ª e 2ª séries do Ensino Médio Integrado dos cursos de Mecânica, Edificações, Eletrotécnica e Automação. Para a atividade de natureza tradicional, contamos com as respostas de 107 estudantes de turmas da 1ª e 2ª séries do Ensino Médio Integrado dos cursos de Eletrotécnica, Edificações e Mecânica. Assim, contamos com as respostas de 112 estudantes que participaram da atividade no ambiente material e as respostas de 125 estudantes que participaram da atividade no ambiente virtual. Desses, 107 estudantes resolveram a atividade tradicional e 130 estudantes resolveram a atividade investigativa.

Instrumentos – Elaboração

Foram construídos dois instrumentos de pesquisa de natureza distinta a serem utilizados na coleta de dados: um de natureza tradicional e o outro de natureza investigativa. Apesar de os instrumentos serem de natureza distinta, versavam sobre o mesmo conteúdo,

Pêndulo Simples. No momento da elaboração desses instrumentos, cuidados foram tomados para que houvesse uma equivalência em relação ao conteúdo, às grandezas envolvidas e às relações estabelecidas entre elas. Ou seja, os instrumentos deveriam estar em um nível adequado para o entendimento dos estudantes e, além disso, não deveria existir entre eles uma disparidade no tocante ao grau de dificuldade apresentado por cada um em particular. Os instrumentos utilizados nessa pesquisa passaram por um processo rigoroso de elaboração e validação reportado por Xavier (2018).

O instrumento de natureza tradicional continha cinco tarefas. Para a construção, utilizamos modelos de roteiros estruturados utilizados por universidades, institutos de educação e escolas de Ensino Médio. A atividade de natureza tradicional elaborada necessitava de aproximadamente duas horas/aulas (100 minutos) para ser aplicada. Inicialmente, ao estudante foi apresentada uma abordagem teórica sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, seguida de uma descrição das grandezas envolvidas no fenômeno físico a ser observado. Decidimos pelo uso desse tipo de atividade por acreditarmos que esse instrumento tem o potencial de contribuir para a aprendizagem conceitual e procedimental dos estudantes, pois é construído tendo como base modelos e teorias que são abordadas pelos professores no contexto da sala de aula (MOREIRA; GUIMARÃES, 2007).

O instrumento de natureza investigativa continha quatro desafios. Adotamos uma atividade investigativa utilizada na pesquisa de Porto (2015). O objetivo da pesquisa defendida por Porto (2015) foi investigar a natureza do entendimento construído em dois ambientes de aprendizagem durante a aplicação de uma atividade de natureza investigativa. Essa atividade continha seis desafios sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. Fizemos uma avaliação de cada um desses desafios e, por fim, decidimos que dois deles deveriam ser descartados, e que os outros quatro deveriam ser reformulados para atender ao propósito da presente pesquisa. Após esse processo de reelaboração, esses quatro novos desafios foram submetidos a um processo de validação, conforme reportado por Xavier (2018). Nossa preocupação era que a atividade elaborada desse aos estudantes a oportunidade de identificar as grandezas envolvidas no fenômeno físico a ser observado e que, no final do processo, eles fossem capazes de interpretar os resultados obtidos (CARVALHO *et al.*, 2014).

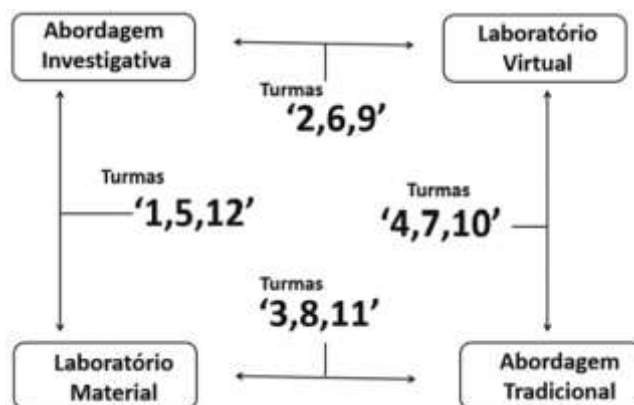
A maneira como elaboramos as atividades tradicional/investigativa nos deu condições de aplicá-las tanto no ambiente material como no ambiente virtual.

Aplicação – Design da Pesquisa

As respostas fornecidas pelos estudantes às atividades de natureza tradicional e investigativa se constituíram em dados para o nosso estudo. A programação de aplicação das intervenções ocorreu de acordo com o cronograma de aula de cada turma em particular. Foram aplicados quatro tipos de intervenções com diferentes metodologias: intervenção tradicional no ambiente material, intervenção tradicional no ambiente virtual, intervenção investigativa no ambiente material e intervenção investigativa no ambiente virtual. Em todas as intervenções ocorreu a realização de atividade experimental sobre Pêndulo Simples.

A **Figura 14**, a seguir, apresenta o desenho das intervenções utilizado na coleta de dados dessa pesquisa.

Figura 14 – Desenho das Intervenções – I



Fonte: Extraído de Xavier (2018, p. 94)

A **Figura 14** mostra que cada uma das intervenções foi aplicada em três turmas, totalizando 12 turmas. As turmas “2”, “6” e “9” participaram da abordagem investigativa no ambiente virtual; as turmas “1”, “5” e “12” participaram da abordagem investigativa no ambiente material; as turmas “4”, “7” e “10” participaram da abordagem tradicional no ambiente virtual; as turmas “3”, “8” e “11” participaram da abordagem tradicional no ambiente material. Entretanto, as respostas dos estudantes de uma das turmas que participou da abordagem tradicional no ambiente material – Refrigeração e Automação – foram extraviadas, assim contamos com os dados de onze turmas.

Antes de ser iniciada a aplicação da intervenção de natureza tradicional, os estudantes que participaram desse tipo de atividade, foram submetidos à exposição de uma aula sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. As outras etapas ocorreram no ambiente de laboratório,

cabendo ao professor apenas apresentar o aparato experimental – *kit* experimental/simulação – que seria utilizado para realização da prática experimental. Já para a intervenção de natureza investigativa, todas as etapas foram realizadas no ambiente de laboratório. Coube ao professor redigir o desafio no quadro branco, apresentar o aparato experimental – *kit* experimental/simulação – a ser utilizado e durante a realização da prática passar pelos grupos fazendo perguntas provocativas do tipo: “Vocês já sabem como resolverão o problema?”. Uma vez concluída a prática experimental e feitos os registros com lápis e papel, os estudantes tiveram o tempo de dez minutos para que pudessem socializar as hipóteses experimentais e resultados encontrados. Essas discussões serviram para que, enquanto grupo, entrassem em consenso sobre qual seria a resposta mais apropriada para o desafio proposto.

Cada uma das intervenções compreendeu aproximadamente 7 horas/aulas de 50 minutos cada uma delas, conforme o desenho das intervenções apresentado no **Quadro 38**:

Quadro 38 – Desenho das Intervenções – II

Intervenção tradicional no laboratório virtual e material						
Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aulas 7
Teste inicial	Aula expositiva		Teste intermediário	Roteiro tradicional		Teste final
Intervenção tradicional no laboratório virtual e material						
Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aulas 7
Teste inicial	Atividades 1, 2 e 3		Teste intermediário	Atividades 4; Fechamento		Teste final

Fonte: Extraído de XAVIER (2018, p. 95)

Observando o **Quadro 38**, podemos verificar que as quatro intervenções envolveram a aplicação de três testes de conhecimentos que também versavam sobre o conteúdo de Pêndulo Simples. Os testes foram os mesmos independentemente do tipo de intervenção. As análises das respostas fornecidas a esses testes de conhecimentos são apresentadas na pesquisa defendida na forma de Tese por Xavier (2018).

Ferramenta de Análise

Para compreendermos o que foi coletado, decidimos por construir instrumentos que pudessem ser utilizados para analisar as respostas fornecidas pelos estudantes. Inicialmente, consideramos que, para resolverem as atividades propostas, eles mobilizariam habilidades associadas às estratégias de resolução de tarefa/desafio. A partir de um exame minucioso dessas respostas, foi possível inferir quais habilidades foram mobilizadas durante a realização da/o tarefa/desafio (DVORNIKOVA; KOSTROMINA, 2009).

Já que as estratégias empregadas pelos estudantes seriam definidas a partir das habilidades mobilizadas durante a realização da/o tarefa/desafio, consideramos importante identificar inicialmente a natureza da habilidade demandada por cada item em particular. Dessa maneira, cada item da/o tarefa/desafio escolhida/o determinaria o(s) tipo(s) de habilidade(s) possível(is) de ser(em) mobilizada(s) nos estudantes. Por conseguinte, definimos que o sistema categórico a ser construído deveria ser composto por duas categorias: natureza do item e habilidades demandadas pelos itens.

Natureza dos Itens

Os itens da/o tarefa/desafio eram de formato discursivo. Em nossa análise, identificamos itens que eram de natureza procedimental e de natureza interpretativa. A partir do enunciado de cada item analisado, definimos como itens de natureza procedimental aqueles que solicitavam que o estudante utilizasse seus conhecimentos teóricos para resolução de um problema. No caso dessa pesquisa, quando o estudante realizou a prática experimental. Já para a definição de itens de natureza interpretativa, tomamos como base os itens que solicitavam que o estudante avaliasse o resultado encontrado, contrastando-o com resultados previamente definidos. Ou seja, esses itens requeriam que os estudantes fizessem uma análise fenomenológica do(s) resultado(s) obtido(s). Desse modo, cada um dos itens foi classificado segundo o tipo de ação por ele solicitada.

Habilidades Demandadas pelos Itens

Nesse momento de elaboração do Sistema Categórico, tentamos identificar, a partir do enunciado de cada item em particular, quais elementos os estudantes poderiam ter considerado como relevantes no momento em que resolveram a/o tarefa/desafio. Esse tipo de verificação nos deu condição de construir um Sistema Categórico possível de descrever, não só o modo como o estudante coloca o seu conhecimento em ação, como também a forma em que ele faz interpretações de resultados experimentais. Essas qualidades são possíveis de serem avaliadas tendo como base seis categorias específicas, conforme **Quadro 39**:

Quadro 39 – Categorias de Habilidades

Natureza do Item	Categorias de Habilidades Específicas	Natureza da Atividade
Procedimental	Habilidade em Executar Medidas (EXM); Habilidade em Fazer Cálculo de Média (FCM); Habilidade em Resolver Equações Matemáticas (EQM); Habilidade em Aplicar Regras Matemáticas (ARM);	Tradicional e Investigativa
	Habilidade em Propor a Solução do Problema (PSP);	Investigativa
Interpretativa	Habilidade de Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE);	Tradicional e Investigativa

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Uma vez que o Sistema Categórico foi construído em função das habilidades demandadas por cada item em particular, pudemos avaliar as respostas dos estudantes na modalidade *checklist*, pois queríamos constatar se a habilidade estava presente ou não. Quando a habilidade estava presente, classificamos como 1 (um) e quando ausente, classificamos como 0 (zero).

O **Quadro 40**, a seguir, apresenta exemplos de respostas categorizadas usando o Sistema Categórico construído.

Quadro 40 – Exemplo de categorização

Natureza da Atividade	Natureza do Item	Enunciado do Item	Tipo de Ambiente	Resposta do(a) Estudante	Categorias de Habilidades Inferidas na Resposta
Tradicional	Procedimental	Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.	Material	“ $g=4.3,1416^2.0,3/1,1^2 \rightarrow g=4.9,8696.0,3/1,2 \rightarrow g=9,8696m/s^2$.” (Estudante 04; 6812 ATM)	ARM e EQM
			Virtual	“ $g=4 \square^2.L/T^2 \rightarrow g=4.3,1416^2.1,5/2,45^2 \rightarrow g=4.986965056.1,5/6,0025 \rightarrow g=39,47860224.1,5/6,0025 \rightarrow g=39,21790336/6,0025 \rightarrow g=9,86m/s^2$.” (Estudante 37; 1821 ATV)	ARM e EQM
	Interpretativa	Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.	Material	“Aceleração da gravidade obtida: 8,84g. Aceleração da gravidade da Terra: 9,8g. Podemos considerar erros grosseiros ao longo das medições assim como a mudança de clima.” (Estudante 06; 1° El ATM)	VRE
			Virtual	“Existe uma divergência muito grande entre o valor encontrado e o valor esperado. Suponhamos então que este objeto ou corpo está em outro planeta.” (Estudante 06; 1° ED01 ATV)	VRE

Natureza da Atividade	Natureza do Item	Enunciado do Item	Tipo de Ambiente	Resposta do(a) Estudante	Categorias de Habilidades Inferidas na Resposta
Investigativa	Procedimental	Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?	Material	“Colocando o comprimento do fio até o centro do pêndulo como 0,25m. O período foi como 5 oscilações, ou seja, um período teve 1,026s. Depois, colocado na formula para encontrar. $L=25\text{cm}=0,25\text{m}$; $T=5,13/5=1,026\text{s}$ $1,026=2\pi\sqrt{0,25/g}\rightarrow 1,026\sqrt{g}=2\pi\cdot 0,5\rightarrow\sqrt{g}=2\pi\cdot 0,5/1,026\rightarrow\sqrt{g}=\pi/1,026\rightarrow g=9,8596/1,053\rightarrow g=9,4\text{m/s}^2$.” (Estudante 30; 5821 AIM)	PSP, EXM, FCM, ARM e EQM
			Virtual	“ $T=2\pi\sqrt{l/g}\rightarrow t^2/4\pi^2=l/g\rightarrow(2,8)^2/39,4=2/g\rightarrow 0,2=2/g\rightarrow g=10\text{m/s}^2$. Fizemos medição com 10 períodos e comprimento de 2m. $T^2/4\pi^2=l/g\rightarrow(2,62)^2/39,4=2/g\rightarrow 6,9/39,4=2/g\rightarrow 0,2g=2/g\rightarrow g=10\text{m/s}^2$. Fizemos medição com 10 períodos e comprimento de 1,7m.” (Estudante 24; 6813 AIV)	PSP, EXM, FCM, ARM e EQM
	Interpretativa	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	Material	“Sim, a variação foi pouca se considerada a gravidade $9,8\text{m/s}^2$. A variação no valor encontrado da gravidade pode ser explicada devido a diferença no tempo de reação para acionar o cronômetro e possível falha no momento de medição do fio de pêndulo.” (Estudante 11; 5821 AIM)	VRE
			Virtual	“Um pequeno erro de medição ou até mesmo nas aproximações que foram realizadas de cálculo.” (Estudante 04; 6813 AIV)	VRE

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Avaliamos os dados da *checklist*, a partir de frequências de aparecimento de habilidades procedimentais e interpretativas. Na sequência, conduzimos um estudo exploratório para verificar se a frequência de aparecimento de determinadas habilidades mudava de acordo com as características dos sujeitos nos diferentes tipos de ambiente e de atividade.

Análise e Resultados

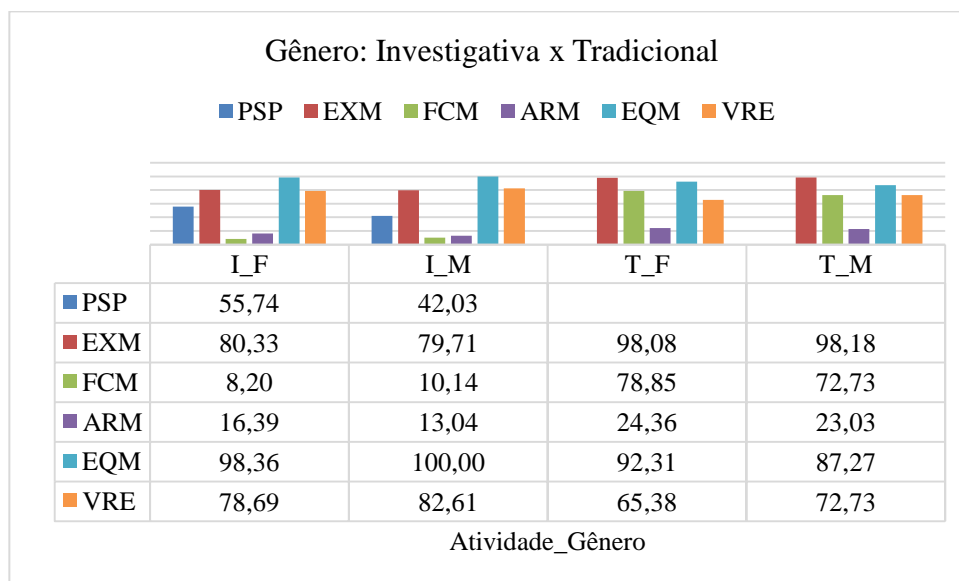
Apresentamos os resultados e discussões referentes às análises realizadas para tentar responder à questão de pesquisa: “Há diferença do tipo de estratégia utilizada, a depender de características amostrais?”. Para tanto, nossa análise foi dividida em dois estudos: I e II.

Estudo I: “Há diferença do tipo de estratégia utilizada, a depender de características amostrais, quando os estudantes resolvem a atividade tradicional e a atividade investigativa?”.

Realizamos uma análise exploratória para identificar os perfis de estratégias empregadas pelos estudantes ao resolverem as atividades, a depender de três possíveis preditores: gênero, curso e instituição.

Gênero: Tradicional x Investigativa

Gráfico 12 – Gênero *versus* atividade



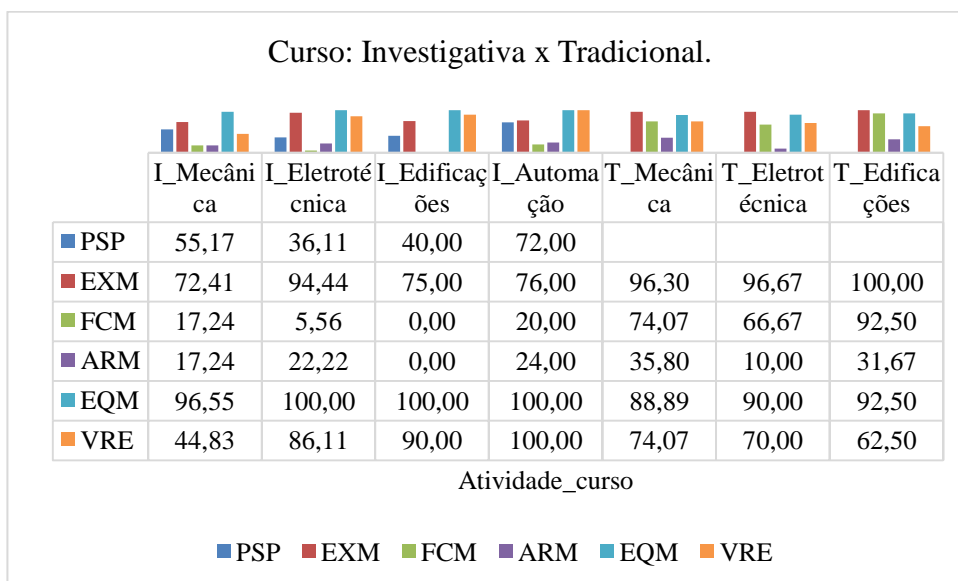
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O **Gráfico 12** mostra que, tanto para a atividade tradicional como para a atividade investigativa, os perfis dos índices de frequência das categorias de habilidades são semelhantes quando feita a comparação em relação ao gênero. Dessa maneira, esse preditor parece não interferir na mobilização das habilidades gerais, nem para a atividade tradicional, nem para a atividade investigativa. Parece haver diferenças quando comparamos as categorias de habilidades específicas.

Do ponto de vista de ensino, esse resultado aponta para o fato de que, provavelmente, o tipo de abordagem utilizada não discrimina meninos e meninas.

Curso: Tradicional x Investigativa

Gráfico 13 – Curso *versus* atividade



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O **Gráfico 13** mostra que, quando comparados os índices de frequências das categorias de habilidades para a atividade tradicional e para a atividade investigativa, eles se mostram muito discrepantes para os cursos de Mecânica, Eletrotécnica e Edificações. Não tivemos estudantes do curso de Automação que realizaram a atividade tradicional.

Quando comparados os perfis para a atividade tradicional e para a atividade investigativa, verificamos que, para as categorias de habilidades **FCM** e **ARM**, os índices de frequência são relativamente diferentes. Para a atividade investigativa, foram encontrados os menores índices quando a atividade foi realizada pelos estudantes que pertenciam aos cursos de Eletrotécnica e Edificações. Não houve mobilização das categorias **ARM** e **FCM** nos estudantes do curso de Edificações, e baixa mobilização da categoria **FCM** para os estudantes do curso de Eletrotécnica. Para a atividade tradicional, verificamos o menor índice de frequência para a categoria **ARM**, quando mobilizada pelos estudantes do curso de Eletrotécnica.

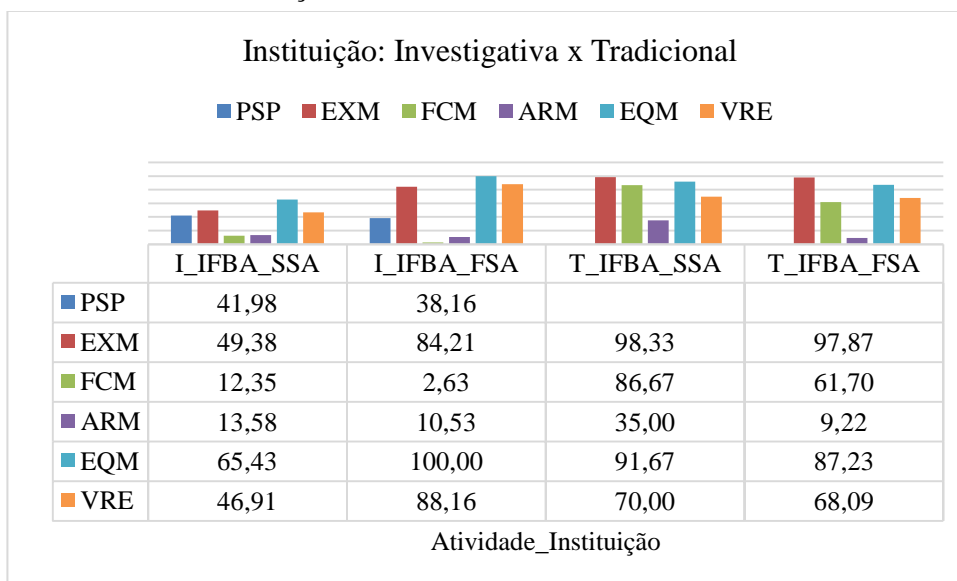
Para a atividade investigativa, o curso de Automação foi o que apresentou os maiores índices de frequências para as categorias de habilidades, com exceção da categoria **EXM**. Para a categoria **EXM**, o curso de Eletrotécnica foi o que apresentou maior índice.

Em linhas gerais, esse preditor parece interferir na mobilização de categorias de habilidades gerais e específicas quando as atividades tradicional e investigativa são aplicadas nos cursos de Mecânica, Eletrotécnica e Edificações.

Do ponto de vista de ensino, esse resultado aponta que o tipo de curso ao qual o estudante faça parte pode interferir no momento em que há a mobilização de habilidades para a resolução de problema.

Instituição: Tradicional x Investigativa

Gráfico 14 – Instituição *versus* atividade



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O **Gráfico 14** nos mostra que existe uma alternância entre os valores dos índices de frequências das categorias de habilidades, quando comparadas as duas instituições de ensino, levando em consideração a variável instituição.

Para a atividade investigativa, verificamos que a categoria **FCM** apresentou baixo índice para o IFBA_FSA (2,63%), quando comparado com o valor do índice encontrado para o IFBA_SSA (12,35%). Para a atividade tradicional, verificamos grande discrepância entre os índices da categoria **ARM**, sendo o menor valor o encontrado para os estudantes do IFBA_FSA (para IFBA_FSA 9,22% e para IFBA_SSA 35%).

De maneira geral, esse preditor parece interferir na mobilização das habilidades gerais e específicas, quando aplicada a atividade tradicional e a atividade investigativa. Parece haver diferenças quando comparamos as categorias de habilidades gerais e específicas.

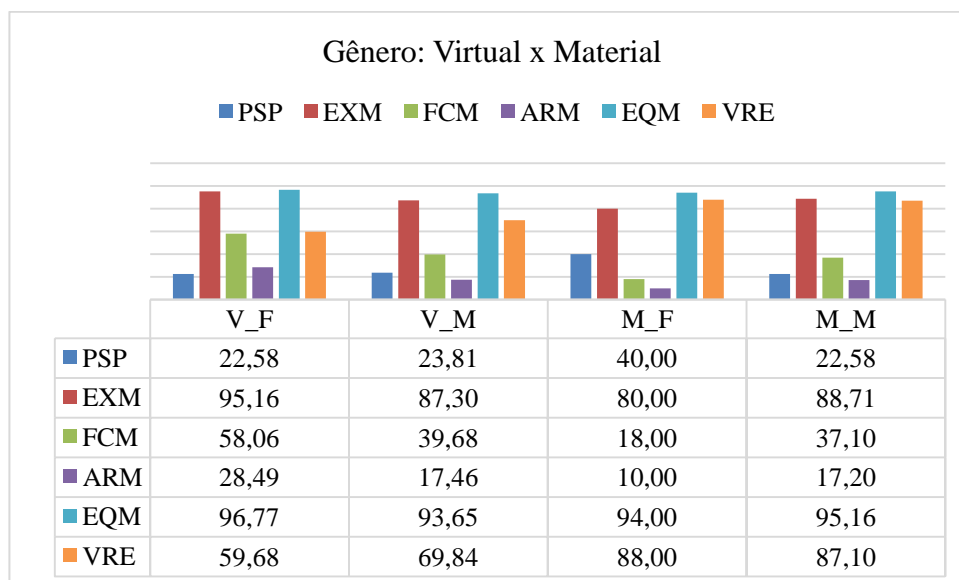
Do ponto de vista educacional, esse resultado aponta para o fato de que, provavelmente, o tipo de instituição de ensino interfere de maneira diferente na mobilização das habilidades dos estudantes ao resolverem problemas.

Estudo II: “Há diferença do tipo de estratégia utilizada, a depender de características amostrais, quando os estudantes resolvem as atividades (tradicional/ investigativa) em dois ambientes distintos: material/virtual?”.

Realizamos uma análise exploratória para identificar os perfis de estratégias empregadas pelos estudantes ao resolverem as atividades nos ambientes de ensino, a depender de três possíveis preditores: gênero, curso e instituição.

Gênero: Material x Virtual

Gráfico 15 – Gênero *versus* ambiente



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

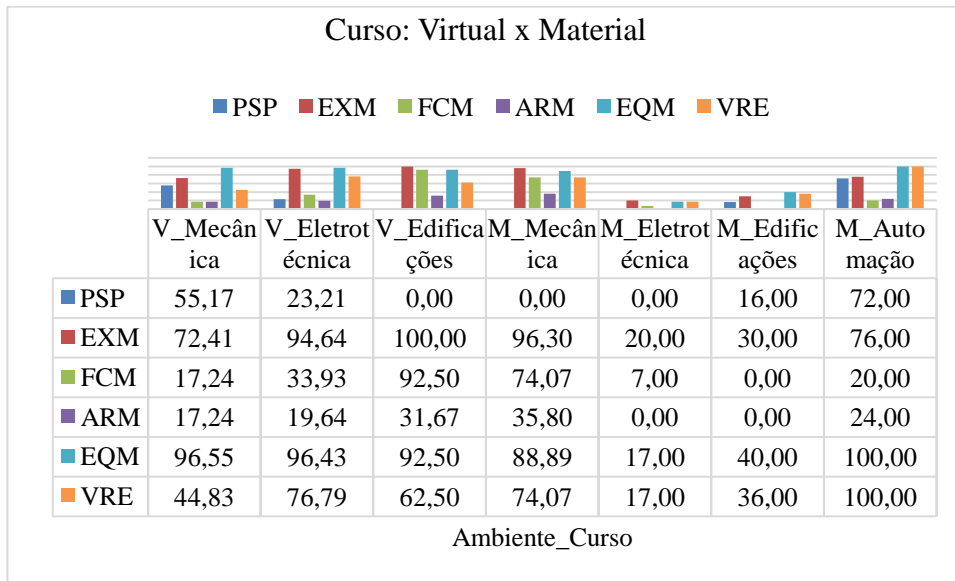
O **Gráfico 15** nos mostra que, quando feita a comparação levando-se em consideração o gênero, é verificado alguns valores discrepantes para os dois ambientes. Parece haver diferença entre as categorias de habilidades específicas.

Para o gênero feminino, verificamos que: houve uma maior mobilização de habilidades procedimentais para os estudantes que participaram da intervenção no ambiente virtual; houve uma maior mobilização da habilidade interpretativa para os estudantes que participaram da intervenção no ambiente material. Para o gênero masculino, os perfis dos índices de frequência das categorias de habilidades são semelhantes.

Do ponto de vista de ensino, esse resultado mostra que o gênero feminino pode interferir na mobilização das habilidades dos estudantes, a depender do tipo de ambiente de ensino.

Curso: Material x Virtual

Gráfico 16 – Curso *versus* ambiente



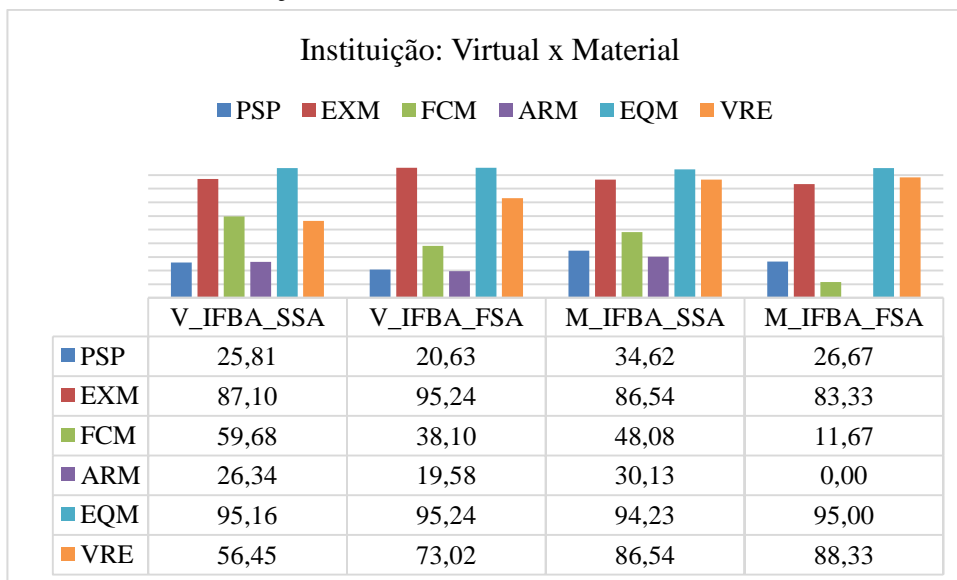
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

No **Gráfico 16** observamos que, para o curso de Mecânica, os valores mais expressivos foram para as turmas que participaram da atividade no ambiente material. Em contrapartida, para os cursos de Eletrotécnica e Edificações, os maiores índices foram registrados para as turmas que participaram da atividade no ambiente virtual.

Uma hipótese para interpretar esse resultado é a de que os cursos em que os estudantes lidam com objetos computacionais com mais frequência (Eletrotécnica e Edificações) têm mais propensão a mobilizar, de maneira mais direta, as habilidades referentes à resolução de problemas por não terem a demanda de interpretação da interface, o que pode gerar uma carga cognitiva maior (SWELLER, 1988; SWELLER; VAN MERRIENBOER; PAAS, 1998) e desvio de foco e conteúdo. Dessa forma, temos que, quando se trata de ambiente de ensino, o currículo e formato do curso pode fazer diferença para o emprego de estratégias específicas de resolução de problema.

Instituição: Material x Virtual

Gráfico 17 – Instituição *versus* ambiente



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O **Gráfico 17** nos mostra que, apesar da alternância entre os valores dos índices de frequências, eles se mantiveram dentro de determinadas faixas de valores que parecem não apresentar diferenças significativas, quando comparadas as categorias de forma individualizada. Identificamos os valores mais discrepantes para o IFBA_FSA, quando verificamos as categorias **FCM** (V_IFBA_FSA de 38,10% e M_IFBA_FSA de 11,67%) e **ARM** (V_IFBA_FSA de 19,58% e M_IFBA_FSA de 0%), sendo a primeira a que parece apresentar maior diferença de valor.

Interpretamos e apontamos sobre a necessidade de se trabalhar, com frequência, para além do aspecto exploratório, para identificar se as diferenças são realmente significativas, o que demanda uma medida intervalar das variáveis avaliadas.

Do ponto de vista do ensino, esse resultado aponta para o fato de que, provavelmente, a instituição em que a intervenção é aplicada não interfere na mobilização das habilidades dos estudantes, mesmo em ambientes distintos.

Considerações finais

Nesse estudo, apresentamos a análise da natureza da atividade aplicada e do contexto de ensino, mantendo a ênfase na discussão dos possíveis preditores de aprendizagem, com enfoque na descrição de características amostrais, relacionadas às estratégias utilizadas pelos

estudantes ao resolverem atividades tradicionais/investigativas em dois ambientes distintos de ensino: material/virtual.

Os resultados apontam que as três variáveis amostrais (gênero, curso e instituição) investigadas se apresentaram como possíveis preditores, a depender das categorias de habilidades avaliadas:

- O gênero feminino, quando houve a mobilização de habilidades procedimentais no ambiente virtual e de habilidades interpretativas no ambiente material;
- O curso, quando houve a mobilização das habilidades específicas **FCM** e **ARM**, a depender da natureza da atividade realizada, sendo que, quando realizada no ambiente material, os menores índices registrados foram para os cursos de Eletrotécnica e Edificações;
- A instituição, na mobilização das categorias de habilidades específicas quando são aplicadas atividades de diferente natureza, independentemente do tipo de ambiente de ensino.

Examinar a existência de possíveis preditores é relevante, uma vez que sabemos que os estudantes, ao resolverem tarefas/desafios de Ciência em diferentes ambientes de ensino, tentam adaptar-se o melhor possível às exigências impostas, não só ao contexto acadêmico, como também ao tipo de atividade resolvida (TAYLOR; PILLAY; CLARKE, 2004). Assim, para examinar o processo de aprendizagem, é possível avaliar tanto o tipo de atividade resolvida pelos estudantes como também o tipo de ambiente em que ocorreu a realização dessa atividade, conforme feito por Xavier (2018).

As interpretações dos resultados alcançados pelas pesquisas em geral podem abarcar diferentes elementos associados às situações de ensino, culminando na determinação de indícios específicos a cada situação em particular. Entretanto, mesmo que a identificação dos elementos associados aos contextos de ensino seja considerada como essencial para analisar e interpretar resultados de pesquisa educacionais, esse tipo de artifício não se constitui em um método de análise direta (AMANTES; BORGES, 2011). Assim, a identificação de fatores contextuais serve para fundamentar investigações de diferentes naturezas que envolvem processos de aprendizagem. Esses fatores contextuais se constituem em possíveis preditores da aprendizagem dos estudantes.

Entretanto, referente a esse assunto é percebida uma carência de pesquisas que investiguem, não só a existência de preditores de estratégias de resolução de atividades de diferentes naturezas, como também de ambientes de ensino distintos: material e virtual. Uma vez identificados os possíveis fatores contextuais – preditores de aprendizagem – eles serão

considerados dados de segunda ordem, os quais foram categorizados na análise qualitativa. Esses dados podem ser transformados em dados dicotômicos para que se proceda com uma análise quantitativa.

A natureza complexa dos fenômenos investigados na área de ensino solicita a utilização de uma abordagem metodológica do tipo mista (quali-quant), para que os resultados obtidos sejam corroborados (qualitativos/quantitativos), aumentando, assim, a possibilidade de que sejam desenvolvidos métodos eficazes no ambiente da sala de aula. O uso de uma abordagem quali-quant, aumenta o potencial para que sejam identificados padrões de comportamentos associados ao processo da aprendizagem, levando-se em considerações variáveis associadas ao contexto e ao momento em que uma intervenção é aplicada (CHATTERJI, 2005).

Em se tratando de uma pesquisa com desenho empírico, consideramos que a aplicação combinada de técnicas qualitativas e quantitativas é fundamental para que possamos ter um maior rigor na análise e a possibilidade de triangulação dos dados da pesquisa, considerado um método de análise promissor, pois minimiza questões relacionadas com a credibilidade e validade das pesquisas científicas em geral (MORSE *et al.*, 2002).

Referências

AL MUSAWI, A. The impact of using virtual lab learning experiences on 9th grade students' achievement and their attitudes towards science and learning by virtual lab. **Journal of Turkish Science Education**, Turquia, v. 15, p. 13-29, 2018.

AMANTES, A. **Contextualização no ensino de física**: efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes. 2009. 275 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

AMANTES, A.; BORGES, O. Identificando fatores que influenciam a aprendizagem a partir da análise do contexto de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 273-296, ago. 2011.

ARAGHIEH, A. *et al.* The role of teachers in the development of learning opportunities. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], v. 29, p. 310-317, 2011.

BELLOTTI, F.; BERTA, R.; DE GLORIA, A. Designing effective serious games: opportunities and challenges for research. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, [on-line], v. 5, p. 22-35, 2010.

BINDER, T. *et al.* Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmers using logistic regression. **International Journal of STEM Education**, Switzerland, 20 September 2019.

BLAZAR, D.; MATTHEW, A. K. Effects of the teacher and teaching on student attitudes and behavior. **Educational assessment and policy analysis**, [on-line], v. 39, n. 1, p. 146-170, 2017.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRINSON, J. R. Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: a review of the empirical research. **Computers & Education**, v. 87, p. 218-237, 2015.

CHATTERJI, M. Evidence on ‘What Works’: An Argument for Extended-Term Mixed-Method (ETMM) Evaluation Designs. **Educational Researcher**, [S. l.], 34, n. 5, p. 14-24, 2005.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

DESFORGES, C.; ABOUCHAAR, A. **The impact of parental involvement, parental support and family education on pupil achievement and adjustment: a literature review**. Research Report n. 433, Department for Education and Skills, 2003. Disponível em: <http://old.creativitycultureeducation.org/wp-content/uploads/impact-of-parental-involvement-parental-support.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021. *E-book*.

DVORNIKOVA T. A.; KOSTROMINA S. N. Diagnostics of degree of students’ educational strategies formation. **Vestnik of Saint-Petersburg University**, Russian, n. 1, p. 321-331. 2009. Series 12. Psychology. Sociology. Education.

FINKELSTEIN, N. *et al.* When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Physics Education Research**, USA, v. 1, October, 2005.

GUNAWAN, G. *et al.* Virtual Laboratory to Improve Students’ Conceptual Understanding in Physics Learning. **Journal of Physics: Conference Series**, Dublin, v. 1108, p. 1-7, 2018.

GADÉA, S. J. S. **Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas**. 2016. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

GADÉA, S.; AMANTES, A. Avaliando a aprendizagem de estudantes dos anos iniciais sobre flutuação em uma atividade investigativa. **Revista EDUCAmazônia - Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, Humaitá, AM, v. XXIII, p. 21-46, 2019.

GOMES, C.; AMANTES, A.; JELIHOVSCHI, E. Applying the regression tree method to predict students' science achievement. **Trends in Psychology**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 99-117, 2020.

HALIM, A. *et al.* An Analysis of Students' Skill in Applying the Problem-Solving Strategy to the Physics Problem Settlement in Facing AEC as Global Competition. **Journal Pendidikan IPA Indonesia**, Indonesia, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2016.

HERGA N. R.; DINEVSKI D. Using a virtual laboratory to better understand chemistry-an experimental study on acquiring knowledge. *In: Information Technology Interfaces (ITI). Proceedings of the ITI*, 2012, Korea, 34th International Conference, p. 237-242, 2012.

HOFSTEIN, A. Practical work and science education. *In: FENSHAM, P. (ed.). Development and dilemmas in science education*. London: Falmer Press, 1988. pp. 189-217.

HOFSTEIN, A. *et al.* Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 42, n. 7, p. 791-806, 2005.

HOHENFELD, D. P. **A natureza quântica da luz nos laboratórios didáticos convencionais e computacionais no ensino médio**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

LU, K. *et al.* Examinar os principais fatores de influência nas habilidades de pensamento de alto nível dos estudantes universitários no ambiente de sala de aula inteligente. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, [S. l.], v. 18, n. 1, 2021.

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. *In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. H. (eds.). Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. pp. 393-441.

MALONE, K. L. Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 020107-15, 2008.

MOREIRA, A. F.; GUIMARÃES, A. R. O caráter verificacionista (?) do laboratório estruturado. *In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2007, Florianópolis. **Anais [...]**, Florianópolis, Santa Catarina, 2007. pp. 1-8.

MORSE, J. M. *et al.* Verification Strategies for Establishing Reliability and Validity in Qualitative Research. **International Journal of Qualitative Methods**, University Alberta, Canada, p. 13-22, June 2002.

NERSESIAN, E.; SPRYSZYNSKI, A.; LEE, M. J. Integration of virtual reality in secondary STEM education. *In: 2019 9th IEEE Integrated STEM Education Conference*, Estados Unidos, ISEC 2019, pp. 83-90.

OLYMPIOU, G., ZACHARIA, Z. C. Blending physical and virtual manipulatives: an effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. **Science Education**, [on-line], v. 96, p. 21-47, 2012.

OMAR, N.; ZULKIFLI, R.; HASSAN, R. Development of a Virtual Laboratory for Radiation Heat Transfer. **European Journal of Scientific Research**, Mahé, Seicheles, v. 32, 2009.

OWUSU, A. A.; COBBOLD, C. Factors that influence learning strategy use among senior high school economics students in Ghana: a quantitative approach. **International Journal of Learning, Teaching and Educational Research**, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 167-185, May 2020.

PARONG, J.; MAYER, R. E. Learning science in immersive virtual reality. **Journal of Educational Psychology**, [on-line], v. 110, n. 6, p. 785-797, 2018.

PORTO, S. C. C. **Laboratório virtual x laboratório material**: Investigando a natureza do entendimento construído em dois ambientes de aprendizagem. 2015. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

SADLER, P. *et al.* The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. **American International Research Journal**, [on-line], v. 50, p. 1020-1049, 2013.

STAHRE WÄSTBERG, B. *et al.* Design considerations for virtual laboratories: a comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. **Education and Information Technology**, [on-line], v. 24, n. 3, p. 2059-2080, 2019.

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: effects on learning. **Cognitive Science**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 257-285, nov./dez. 1988.

SWELLER, J. VAN MERRIENBOER, J. J. G.; PAAS, F. Cognitive Architecture and Instructional Design. **Educational Psychology Review**, [S. l.], v. 10, p. 251-. 1998.

TAYLOR, P. G.; PILLAY, H.; CLARKE, J. A. Exploring student adaptation to new learning environments: some unexpected outcomes. **International Journal of Learning Technology**, [on-line], v. 1, n. 1, p. 100-110, 2004.

TRINDADE J.; FIOHAIS C.; ALMEIDA L. Science learning in virtual environments: a descriptive study. **British Journal of Educational Technology**, London, v. 33, n. 4, p. 471-488, 2002.

WEINSTEIN, C.F.; MAYER, R. F. **The teaching of learning strategies**: handbook of Research on Teaching. New York: Ed. by M. C. Wittrock, 1986.

XAVIER, A. P. **Laboratório virtual versus laboratório material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. 2018. 221 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

YAGER, R. E.; ENGLER, H. B.; SNIDER, B. C. F. Effects of laboratory and demonstration methods upon the outcomes of instruction in secondary biology. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 6, p. 76-86, 1969.

ZACHARIA, Z. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. **Journal of Computer Assisted Learning**, [on-line], v. 23, n. 2, p. 120-132, 2007.

ZACHARIA, Z. C.; OLYMPIOU, G.; PAPAERVIPIDOU, M. Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 45, p. 1021-1035, 2003.

ZHANG, Z. H.; LINN, M. C. Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations. **Journal of Research in Science Teaching**, [on-line], v. 48, p. 1177-1198, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa tese foi escrita no formato *multipaper*, contendo quatro artigos. Iniciamos a apresentação do estudo com um capítulo introdutório, no qual abordamos a motivação, formato da tese, apresentação da pesquisa e decisões metodológicas. Apresentamos também o projeto que conduziu ao desenvolvimento da pesquisa colaborativa, bem como o referencial teórico que ampliou nosso tema. Em cada artigo, apresentamos o objetivo do estudo, as decisões metodológicas, resultados encontrados e implicações dos resultados. Na sequência faremos: uma síntese da pesquisa colaborativa desenvolvida; uma síntese dos principais resultados obtidos com a pesquisa efetiva; uma apresentação das contribuições para o ensino de Física; e, por fim, uma apresentação das limitações da Tese e sugestões de pesquisas futuras.

Retomando a decisão pela pesquisa colaborativa

Nessa parte será ressaltado o caráter colaborativo da pesquisa conduzida. O tema geral da pesquisa é “Aprendizagem sobre Pêndulo Simples”, o qual decorre dos resultados alcançados pela pesquisa de mestrado desenvolvida por Porto (2015). Associado a esse tema, tivemos duas questões de pesquisa, a saber, “Em que medida atividades tradicionais e investigativas contemplam a aprendizagem de conteúdos formais de alto grau de abstração?” e “Quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais, quando apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafios)?”. Por se tratar de duas questões muito abrangentes, decidimos por desenvolver a pesquisa em colaboração com outro pesquisador. Feito isso, em parceria, iniciamos o processo de construção e validação dos instrumentos de coleta. Uma vez estando validados os instrumentos, procedemos com as intervenções em dois *campi* de uma escola pública federal. Contamos com a participação de 12 turmas do Ensino Médio Integrado dos cursos de Mecânica, Edificações, Eletrotécnica, Automação e Climatização e Refrigeração. As intervenções aplicadas foram de quatro tipos: 1) atividade tradicional no ambiente material; 2) atividade tradicional no ambiente virtual; 3) atividade investigativa no ambiente material; e 4) atividade investigativa no ambiente virtual. Fruto dessas intervenções, obtivemos: respostas a três testes de conhecimento e relatórios de práticas experimentais. Concluída a etapa de coleta de dados, decidimos quais dados seriam utilizados por cada um dos pesquisadores. Para responder à primeira questão de pesquisa, “Em que medida atividades tradicionais e

investigativas contemplam a aprendizagem de conteúdos formais de alto grau de abstração?”, foram discriminadas as respostas aos testes de conhecimento. As análises, resultados encontrados, bem como o processo de construção e validação dos instrumentos de coleta são descritos na Tese apresentada por Xavier (2018). Para responder à segunda questão de pesquisa, “Quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais, quando apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafios)?”, utilizamos os relatórios de práticas experimentais.

Retomando os resultados da pesquisa efetiva

A questão que norteou essa pesquisa, conforme citado, foi: “Quais estratégias os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre conteúdos formais, quando apresentada de maneira tradicional (tarefas) e investigativa (desafios)?”.

Para responder à questão proposta dividimos nosso estudo em quatro artigos:

- No primeiro artigo, olhamos para as estratégias dos estudantes a partir da classificação de habilidades quando eles calculam o valor de \vec{g} . Inicialmente, identificamos que, no geral, a natureza da atividade conjugada com o tipo de ambiente mobilizou nos estudantes dois tipos de habilidades gerais: procedimentais e interpretativas. Associadas a esses dois tipos de habilidades gerais, também foram identificadas habilidades específicas, relacionadas com o momento em que o estudante tenta resolver a/o tarefa/desafio e uma habilidade inerente ao processo de interpretação do resultado encontrado. Em um segundo momento, investigamos se a natureza da atividade utilizada produziu nos estudantes a mobilização de diferentes tipos de habilidades específicas. Os resultados mostraram que a atividade tradicional demandou habilidades do tipo procedimental e interpretativa de maneira equilibrada. Já a atividade investigativa, demandou mais a mobilização das habilidades procedimentais associadas ao uso da ferramenta matemática e à execução de medidas físicas e a habilidade interpretativa relativa à verificação da resposta encontrada.

- No segundo artigo, foi feito um estudo similar ao realizado para o primeiro, porém foi levada em consideração não só a natureza da atividade aplicada, como também, o tipo de ambiente em que a prática experimental foi realizada. Os resultados decorrentes da aplicação de testes estatísticos nos mostraram que o fator ambiente mobilizou habilidades de natureza distinta: o ambiente material mobilizou mais habilidades associadas ao momento em que o estudante coloca seu conhecimento em ação para realizar a parte procedimental; o ambiente virtual mobilizou mais a habilidade associada ao momento em que o estudante interpreta o

resultado encontrado. Quando aplicamos os testes estatísticos para analisar não só o fator ambiente como também a abordagem, verificamos que: quando foi aplicada a atividade investigativa, os dois ambientes de ensino (material/virtual) promoveram a mobilização de habilidades específicas de maneira diferenciada; quando foi aplicada a atividade tradicional, apenas o ambiente material promoveu a mobilização de habilidades específicas.

- No terceiro artigo, olhamos para o nível de complexidade em que algumas habilidades específicas procedimentais e interpretativas se apresentaram nos itens da/o tarefa/desafio. Construimos uma ferramenta metodológica para investigarmos aspectos do emprego de diferentes habilidades, nos seus distintos níveis de complexidade ao aplicarmos uma prática experimental com características distintas, variando em função da natureza da abordagem e do tipo de ambiente de ensino. Assim, foi possível avaliarmos tanto as estratégias empregadas como também as características do ensino que favoreceram o desenvolvimento de habilidades específicas. Verificamos que, mesmo usando diferentes intervenções (atividade-ambiente), houve a explicitação de habilidades de planejamento, execução e avaliação para todas as quatro intervenções aplicadas: 1) atividade tradicional-ambiente material; 2) atividade tradicional-ambiente virtual; 3) atividade investigativa-ambiente material; e 4) atividade investigativa-ambiente virtual. De modo geral, verificamos que a habilidade procedimental associada ao uso da ferramenta matemática foi a que apresentou maior nível de complexidade, quando levamos em consideração o aspecto ambiente e natureza da atividade utilizada.

- No quarto artigo, investigamos a existência de possíveis preditores de aprendizagem que influenciaram as estratégias utilizadas pelos estudantes ao resolverem as atividades tradicional e investigativa no ambiente material e no ambiente virtual. Realizamos uma análise exploratória para identificarmos possíveis preditores, a partir dos dados dos sujeitos. Avaliamos três possíveis preditores amostrais – gênero, curso e instituição. Buscamos identificar a existência de possíveis indícios de sua influência, a partir das diferenças da frequência de habilidades específicas mobilizadas em cada ambiente e em cada abordagem. Verificamos que as três variáveis amostrais investigadas – gênero, curso e instituição –, se apresentaram como possíveis preditores a depender das categorias de habilidades avaliadas: o gênero, quando abordamos o aspecto ambiente; o curso, quando abordamos o tipo de intervenção; e a instituição, quando discutimos a natureza da abordagem.

Contribuições para o ensino de Física

Desenvolver uma pesquisa de modo colaborativo, com o objetivo de investigar tanto o processo de aprendizagem como as estratégias utilizadas pelos estudantes, quando abordado o conteúdo de Pêndulo Simples, nos deu condição de avaliar de modo mais amplo como se dá a aprendizagem quando mudamos a abordagem e/ou o tipo de ambiente.

Baseado nos resultados encontrados para a pesquisa efetiva, apontamos que, do ponto de vista de ensino-aprendizagem, é relevante conhecer o que cada tipo de intervenção demanda ou faz com que os estudantes mobilizem mais habilidades, pois dará mais condições de o professor discernir, de acordo com o seu objetivo docente, o que é mais propício para o que deseja que seja feito.

Limitações do estudo e implicações para pesquisas futuras

Os resultados encontrados implicam em trazer contribuições de cunho metodológico para o ensino de conteúdos formais de Física. Uma limitação é o caráter exploratório, não dando subsídios mais contundentes para explorar as diferenças encontradas. Como implicações futuras, apontamos a possibilidade de se usar um *design* específico para mensurar o efeito provocado por cada um dos possíveis preditores identificados, como também a ação conjunta dessas variáveis.

Referência

PORTO, S. C. C. **Laboratório virtual x laboratório material**: Investigando a natureza do entendimento construído em dois ambientes de aprendizagem. 2015. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

XAVIER, A. P. **Laboratório virtual versus laboratório material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. 2018. 221 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

APÊNDICES:

Atividade Investigativa

ATIVIDADE DE LABORATÓRIO ABERTO

Pêndulo Simples

“O professor torna-se um orientador em sala de aula: através da proposição de questões, busca que os alunos construam hipóteses acerca de atividade experimental que está sendo estudada, estimula a argumentação e a busca de possíveis explicações causais para os fenômenos observados, incentivando o papel ativo do aluno. O aluno, por sua vez, sai da posição passiva, deixando de ser apenas um observador das aulas, passando a ter grande influência sobre ela, e não é mais um conhecedor de conteúdos, passando a “aprender” atitudes e desenvolver habilidades como pensar, agir, interferir, argumentar, interpretar e analisar, bem como de fazer hipóteses, defender sua explicação perante o grupo da sala de aula, utilizar a teoria aprendida como justificativa de suas ideias. (CARVALHO et al., 2014, p. 46)”.

Problematização inicial: Quais variáveis interferem no tempo de oscilação do Pêndulo Simples?

O (a) professor(a) poderá iniciar a sequência de ensino apresentando o Pêndulo Simples (virtual ou material) e em seguida realizar a problematização inicial, fazendo com que os estudantes pensem nas características (grandezas físicas e suas relações) envolvidas na oscilação de um Pêndulo Simples (também pode-se complementar exemplificando com o relógio de pêndulo e um breve histórico deste -Relógio de pêndulo é um mecanismo para medida do tempo baseado na regularidade da oscilação de um pêndulo. A regularidade no movimento de um pêndulo foi estudada por Galileu Galilei no século XVI, mas a invenção do relógio de pêndulo é atribuída a Christiaan Huygens em 1656.). É importante que o professor copie a problematização inicial no quadro e estimule aos estudantes elaborarem hipóteses. As hipóteses apresentadas pelos estudantes devem ser anotadas no quadro pelo professor, e quando não houver mais suposições, deve ser explicitado que durante as próximas aulas faremos atividades experimentais para investigar questões relacionadas ao conteúdo de Pêndulo Simples. É interessante que o professor tome nota destas hipóteses para futuras análises.

DESAFIO 1: PERÍODO E AMPLITUDE

- ✓ *Objetivo:* Fazer com que o estudante conclua que há dependência entre o período e a amplitude de oscilação, e que, ao aumentar a amplitude, aumenta-se também o período.
- ✓ *Problema:* Como se relaciona a amplitude de oscilação e o período (T) no Pêndulo Simples?
- ✓ *O que os estudantes devem saber/o que deve ser instruído:* Conceitos e/ou definições de período e amplitude, bem como realizar suas medições.
- ✓ *Encaminhamento da atividade:* O(a) professor(a) deverá anotar o problema no quadro. Apresentar o experimento para os estudantes, indicando as variáveis que podem ser alteradas e medidas (tempo, comprimento, amplitude, massa). Ir passando nos grupos e incentivando a investigação, fazer perguntas como: Quais são suas hipóteses para o problema proposto? O

que acontece com o período do pêndulo quando variamos a amplitude da oscilação? Como resolveu ou está resolvendo este problema?

- Solicitar que os alunos respondam aos questionamentos abaixo, após o término da resolução do desafio (uma folha por aluno):
 - i) Quais as hipóteses levantadas pelo grupo?
 - ii) Como o grupo resolveu este problema?
 - iii) Qual a sua explicação/justificativa (pessoal) para esse fenômeno/problema?
- Recolher as folhas com respostas.
- ✓ *Sistematização*: O(a) professor(a) deve oportunizar que os grupos discutam suas hipóteses com toda a sala, e a partir destas organizar uma resposta que vá de encontro com o objetivo desta atividade. Percebe-se que a variação do período com a amplitude é bastante sutil.

DESAFIO 2: PERÍODO E MASSA

- ✓ *Objetivo*: Fazer com que o estudante conclua a não dependência entre o período de oscilação e a massa do pêndulo.
- ✓ *Problema*: Utilizando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período de oscilação e a massa do pêndulo.
- ✓ *O que os estudantes devem saber/o que dever ser instruído*: Conceitos e/ou definições de período e massa, bem como realizar suas medições.
- ✓ *Encaminhamento da atividade*: O(a) professor(a) deverá anotar o problema no quadro. Apresentar o experimento para os estudantes, indicando as variáveis que podem ser alteradas e medidas (tempo, comprimento, amplitude, massa). Ir passando nos grupos e incentivando a investigação, fazer perguntas como: Quais são suas hipóteses para o problema proposto? o que acontece com o período quando variamos a massa do pêndulo? Como resolveu ou está resolvendo este problema?
- Solicitar que os alunos respondam aos questionamentos abaixo, após o término da resolução do desafio (uma folha por aluno):
 - i) Quais as hipóteses levantadas pelo grupo?
 - ii) Como o grupo resolveu este problema?
 - iii) Qual a sua explicação/justificativa (pessoal) para esse fenômeno/problema?

- Recolher as folhas com respostas.
- ✓ *Sistematização*: O(a) professor(a) deve oportunizar que os grupos discutam suas hipóteses com toda a sala, e a partir destas organizar uma resposta que vá de encontro com o objetivo desta atividade.

DESAFIO 3: PERÍODO E COMPRIMENTO

- ✓ *Objetivo*: Fazer como que o estudante conclua a dependência entre o período e o comprimento do fio (enquanto maior o comprimento, maior o período).
- ✓ *Problema*: Utilizando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período de oscilação e o comprimento do fio (L).
- ✓ *O que os estudantes devem saber/o que dever ser instruído*: Conceitos e/ou definições de período e comprimento, bem como realizar suas medições.
- ✓ *Encaminhamento da atividade*: O(a) professor(a) deverá anotar o problema no quadro. Apresentar o experimento para os estudantes, indicando as variáveis que podem ser alteradas

e medidas (tempo, comprimento, amplitude, massa). Ir passando nos grupos e incentivando a investigação, fazer perguntas como: Quais são suas hipóteses para o problema proposto? o que acontece com o período quando variamos o comprimento do pêndulo? Como resolveu ou está resolvendo este problema?

- Solicitar que os alunos respondam aos questionamentos abaixo, após o término da resolução do desafio (uma folha por aluno):
 - i) Quais as hipóteses levantadas pelo grupo?
 - ii) Como o grupo resolveu este problema?
 - iii) Qual a sua explicação/justificativa (pessoal) para esse fenômeno/problema?
- Recolher as folhas com respostas.
- ✓ *Sistematização:* O(a) professor(a) deve oportunizar que os grupos discutam suas hipóteses com toda a sala, e a partir destas organizar uma resposta que vá de encontro com o objetivo proposto. Acrescentar a informação que o período é proporcional a raiz quadrada do comprimento do pêndulo $(T \propto \sqrt{L})$.

DESAFIO 4: CALCULANDO A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL

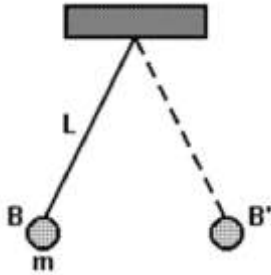
- ✓ *Objetivo:* Fazer com que o estudante mobilize seus conhecimentos sobre Pêndulo Simples e utilize a equação do período para determinar o valor da aceleração da gravidade local, fazendo medições do período e comprimento do pêndulo.
- ✓ *Problema:* Projete uma situação para encontrar a aceleração da gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor encontrado?
- ✓ *O que os estudantes devem saber/o que dever ser instruído:* relembrar as conclusões das três atividades anteriores, instruir sobre a relação inversa entre o período e a raiz quadrada da aceleração da gravidade $(T \propto \frac{1}{\sqrt{g}})$, e que todas essas relações de proporcionalidade tornam-se uma igualdade ao inserir constantes, resultando na equação do período do pendulo simples: $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$. (válida para pequenas oscilações e desprezando atrito e resistência do ar).
- ✓ *Encaminhamento da atividade:* O(a) professor(a) deverá anotar o problema no quadro. Realizar as instruções necessárias apresentadas no tópico anterior. Ir passando nos grupos e incentivando a investigação, fazer perguntas como: Como encontrar um valor aproximado da aceleração da gravidade local, a partir do experimento e da equação do período do Pêndulo Simples? Qual o valor encontrado? Como resolveu ou está resolvendo este problema?
- Solicitar que os alunos respondam aos questionamentos abaixo, após o término da resolução do desafio (uma folha por aluno):
 - i) Como o grupo resolveu este problema?
 - ii) Qual o valor encontrado?
 - iii) Está próximo do valor “esperado”?
 - iv) Como você interpreta a diferença entre o valor “esperado” e o encontrado?
- Recolher as folhas com respostas.

- ✓ *Sistematização:* O(a) professor(a) deve oportunizar que os grupos discutam suas hipóteses com toda a sala, e a partir destas organizar uma resposta que vá de encontro com o objetivo desta atividade.

FECHAMENTO:

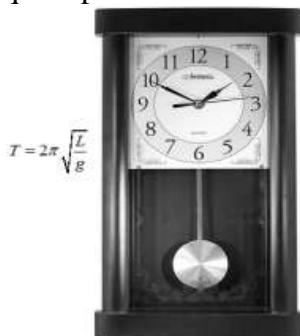
- ✓ Questões

- I. (UEM-PR) Suponha que um pequeno corpo, de massa m , esteja preso na extremidade de um fio de peso desprezível, cujo comprimento é L , oscilando com pequena amplitude, em um plano vertical, como mostra a figura a seguir. Esse dispositivo constitui um Pêndulo Simples que executa um movimento harmônico simples. Verifica-se que o corpo, saindo de B, desloca-se até B' e retorna a B, 20 vezes em 10 s. Assinale o que for correto.



- (01) O período deste pêndulo é 2,0 s.
 (02) A frequência de oscilação do pêndulo é 0,5 Hz.
 (04) Se o comprimento do fio L for 4 vezes maior, o período do pêndulo será dobrado.
 (08) Se a massa do corpo suspenso for triplicada, sua frequência ficará multiplicada por $\sqrt{3}$.
 (16) Se o valor local de g for 4 vezes maior, a frequência do pêndulo será duas vezes menor.
 (32) Se a amplitude do pêndulo for reduzida à metade, seu período não modificará.
 A soma das verdadeiras é?

- II. (UNICAMP-SP) Um antigo relógio de pêndulo é calibrado no frio inverno gaúcho. Considere que o período desse relógio é dado por:



Onde L é o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade, pergunta-se:

- a) Este relógio atrasará ou adiantará quando transportado para o quente verão nordestino?
 b) Se o relógio for transportado do nordeste para a superfície da Lua, nas mesmas condições de temperatura, ele atrasará ou adiantará?

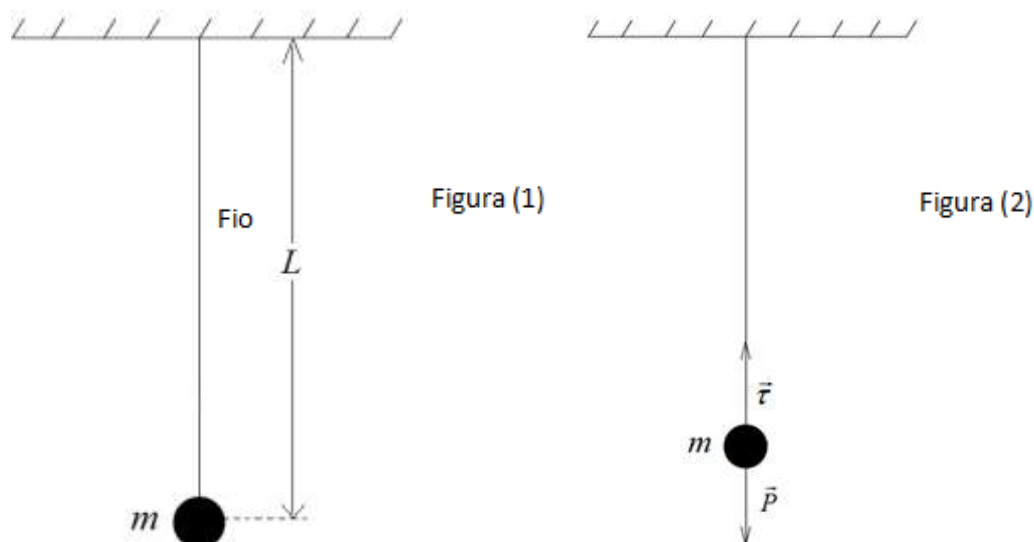
Justifique suas respostas.

Sugestão de Aula Expositiva

PÊNDULO SIMPLES

SUGESTÃO DE AULA EXPOSITIVA (Ensino por transmissão) – Ensino Médio

O Pêndulo Simples é um sistema mecânico ideal constituído por uma partícula de massa m e suspensa por um fio inextensível e sem massa de comprimento L (Figura 1).



Quando o pêndulo está em repouso, duas forças agem sobre a partícula, o seu peso \vec{P} exercido pela terra e a tração aplicada pelo fio $\vec{\tau}$ (Figura 2). Neste caso o peso e a tração se equilibram, portanto, $\vec{\tau} = -\vec{P}$ ou em intensidade $\tau = P$. Como o peso é dado pela massa multiplicado a aceleração da gravidade local (g), $P = m \cdot g$, podemos afirmar que $\tau = m \cdot g$.

Se o pêndulo for afastado de sua posição de equilíbrio (Figura 3), de modo que a direção do fio faça um ângulo θ com a vertical (eixo Y), ele irá oscilar, executando um Movimento Harmônico Simples (MHS), desde que o ângulo seja aproximadamente menor ou igual a dez graus ($\theta \leq 10^\circ$), ou de forma que a amplitude do movimento seja muito menor que o comprimento do pêndulo ($A \ll L$).

O Movimento Harmônico Simples é um tipo de movimento oscilatório que surge a partir da existência de forças restauradoras que tendem a trazer ou manter sistemas em certos estados ou posições. Exemplo: Pêndulo Simples e sistema massa-mola.

A amplitude (A) do movimento é o comprimento do arco de circunferência percorrido pelo pêndulo, conforme mostrado na figura 3. Representada pela distância entre os pontos I e II .

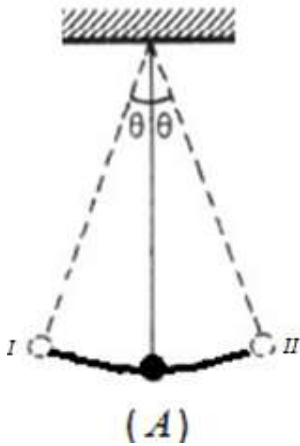


Figura (3)

Para calcular a amplitude em metros, multiplicamos o ângulo (em radianos) pelo comprimento do fio (em metro), ou seja, $A = \theta \cdot L$.

Para transformar ângulos em graus para radianos, basta fazer uma regra de três.

$$180^{\circ} - \pi(\text{rad})$$

$$y^{\circ} - x(\text{rad})$$

y° - Valor do ângulo em graus

x - Resposta em radianos (*rad*)

Quando deslocado da posição de equilíbrio, o peso \vec{P} poderá ser dividido em duas componentes, uma na direção do fio \vec{P}_1 e uma na direção perpendicular ao fio \vec{P}_2 . (Figura 4).

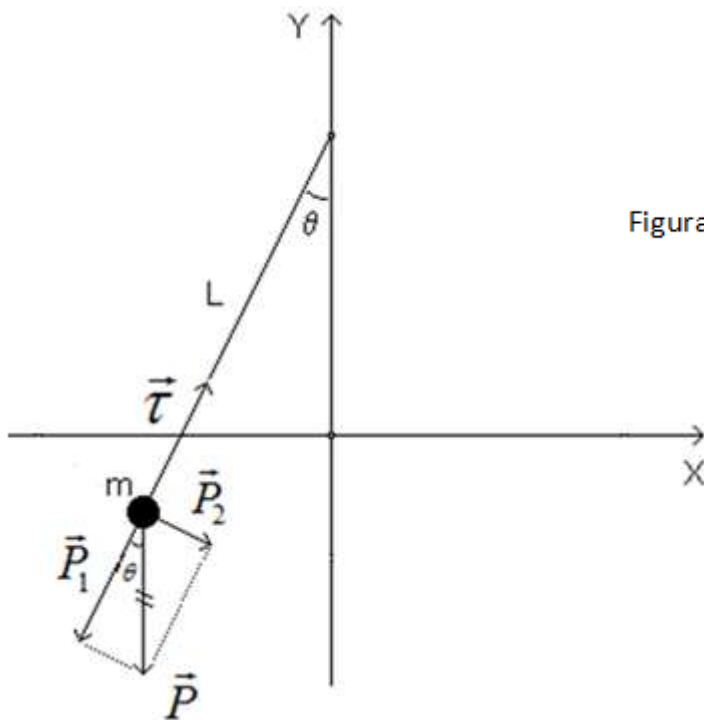


Figura (4)

A intensidade da componente \vec{P}_1 é dado por $P_1 = P \cdot \cos \theta$ ou $P_1 = m \cdot g \cdot \cos \theta$, e da componente \vec{P}_2 é igual a $P_2 = P \cdot \sin \theta$ ou $P_2 = m \cdot g \cdot \sin \theta$.

Sendo o ângulo θ o mesmo entre \vec{P} e \vec{P}_1 (pois P é paralelo ao eixo Y), e considerando o triângulo retângulo formado pelos catetos P_1 e P_2 e hipotenusa P , temos que,

$$\sin \theta = \frac{\text{Cateto.oposto}}{\text{hipotenusa}} \rightarrow \sin \theta = \frac{P_2}{P} \rightarrow P_2 = P \cdot \sin \theta \rightarrow P_2 = m \cdot g \cdot \sin \theta$$

Da mesma maneira temos

$$\cos \theta = \frac{\text{Cateto.Adjacente}}{\text{hipotenusa}} \rightarrow \cos \theta = \frac{P_1}{P} \rightarrow P_1 = P \cdot \cos \theta \rightarrow P_1 = m \cdot g \cdot \cos \theta$$

A componente do peso \vec{P}_2 , tangencial ao deslocamento, é a força de restauração desse movimento, pois age no corpo de modo a trazê-lo de volta à sua posição central de equilíbrio. Assim \vec{P}_2 é a responsável por fazer o pêndulo oscilar sob a ação da gravidade.

Todo movimento oscilatório é caracterizado por um período T , que é o tempo necessário para se executar uma oscilação completa. Para pequenas amplitudes de oscilação, o período do Pêndulo Simples não depende do ângulo θ e é dado pela equação:

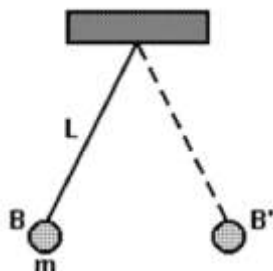
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

A demonstração desta equação requer conhecimento de Matemática de nível superior, no entanto, experimentalmente é simples de ser verificada.

- Apresentar relações de proporcionalidade entre as grandezas na equação;
- Valor da aceleração da gravidade aproximado de $9,81 \text{ m/s}^2$. Falar rapidamente que este valor varia minimamente devido a, principalmente, diferentes altitudes, variações na latitude e distribuição de massas do planeta Terra;
- Relação entre período e frequência e definições.

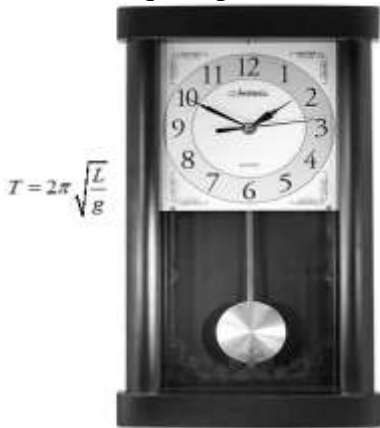
✓ Questões

III. (UEM-PR) Suponha que um pequeno corpo, de massa m , esteja preso na extremidade de um fio de peso desprezível, cujo comprimento é L , oscilando com pequena amplitude, em um plano vertical, como mostra a figura a seguir. Esse dispositivo constitui um Pêndulo Simples que executa um movimento harmônico simples. Verifica-se que o corpo, saindo de B, desloca-se até B' e retorna a B, 20 vezes em 10 s. Assinale o que for correto.



- (01) O período deste pêndulo é 2,0 s.
 (02) A frequência de oscilação do pêndulo é 0,5 Hz.
 (04) Se o comprimento do fio L for 4 vezes maior, o período do pêndulo será dobrado.
 (08) Se a massa do corpo suspenso for triplicada, sua frequência ficará multiplicada por $\sqrt{3}$.
 (16) Se o valor local de g for 4 vezes maior, a frequência do pêndulo será duas vezes menor.
 (32) Se a amplitude do pêndulo for reduzida à metade, seu período não modificará.
 A soma das verdadeiras é?

IV. (UNICAMP-SP) Um antigo relógio de pêndulo é calibrado no frio inverno gaúcho. Considere que o período desse relógio é dado por:



Onde L é o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade, pergunta-se:

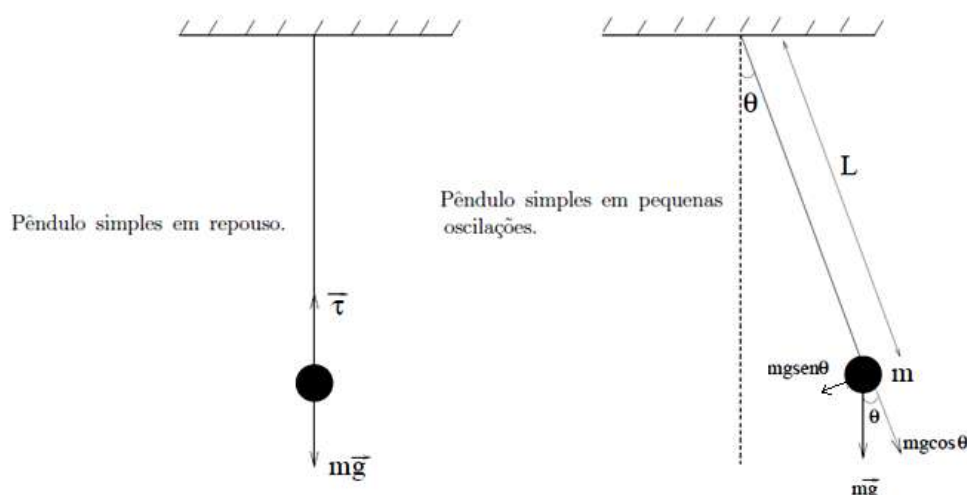
- Este relógio atrasará ou adiantará quando transportado para o quente verão nordestino?
- Se o relógio for transportado do nordeste para a superfície da Lua, nas mesmas condições de temperatura, ele atrasará ou adiantará?

Justifique suas respostas.

Roteiro Estruturado: Laboratório Material

Nome: _____ Série: _____
 Curso: _____ Instituição de Ensino: _____

INTRODUÇÃO: O Pêndulo Simples é um sistema mecânico ideal constituído por uma partícula de massa m suspensa por um fio inextensível e sem massa de comprimento L , conforme mostrado na figura abaixo. Quando o pêndulo está em repouso (lado esquerdo da figura), as duas forças que agem sobre a partícula, o seu peso ($\vec{p} = m\vec{g}$) e a tensão aplicada pelo fio ($\vec{\tau}$), se equilibram. Porém, se o pêndulo for afastado de sua posição de equilíbrio (lado direito da figura), de modo que a direção do fio faça um ângulo θ com a vertical, o componente do peso perpendicular ao fio, de intensidade $P = mg \sin \theta$, agirá no sentido de restaurar o equilíbrio, fazendo o pêndulo oscilar, sob a ação da gravidade.



Fonte: PÊNDULO Simples. Roteiros. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.fisica.ufmg.br/~nlandin/fif121/roteiros3.pdf>. Acesso em: 5 maio 2015.

MATERIAIS UTILIZADOS: Kit Pêndulo Simples

- Tripé tipo estrela;
- Haste metálica 81,0 cm;
- Fixador metálico com haste;
- Fixador metálico com regulagem do fio;
- Trena de 2,0 m;
- Cronômetro;
- Corpo de prova de nylon;
- Corpo de prova de alumínio;
- Corpo de prova de latão;
- Transferidor.

Com o experimento montado, fixe o comprimento do fio em 30,0 cm e utilize o corpo de prova de alumínio.

Realize os procedimentos abaixo:

I. Utilize o cronômetro para medir o tempo de **dez** oscilações completas, de acordo com os ângulos estipulados.

Ângulo	10°	30°	50°	70°
Tempo (t)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$

Calcule em porcentagem o aumento dos períodos indicados na tabela. Para realizar o cálculo, pode-se utilizar da seguinte equação: $\left(1 - \frac{T_{Menor}}{T_{Maior}}\right) \times 100 = \text{_____} \% .$

Ângulos analisados	Entre 10° e 30°	Entre 10° e 50°	Entre 10° e 70°
Varição do valor dos períodos em porcentagem			

O que acontece com o valor do período quando aumentamos o ângulo? E com a variação do valor dos períodos? O que se pode concluir com esses resultados?

II. Abandonando o pêndulo com o ângulo de dez graus (10°) e o comprimento de 30,0 cm, preencha a tabela abaixo:

Massa (m)	Corpo de prova de nylon (14,5 g)	Corpo de prova de alumínio (31,5 g) Dados já obtidos no procedimento I	Corpo de prova de latão (98,0 g)
Tempo de dez oscilações completas (t)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$

A partir dos dados da tabela, o que se pode concluir da relação entre o período (T) e a massa (m)? Justifique sua resposta.

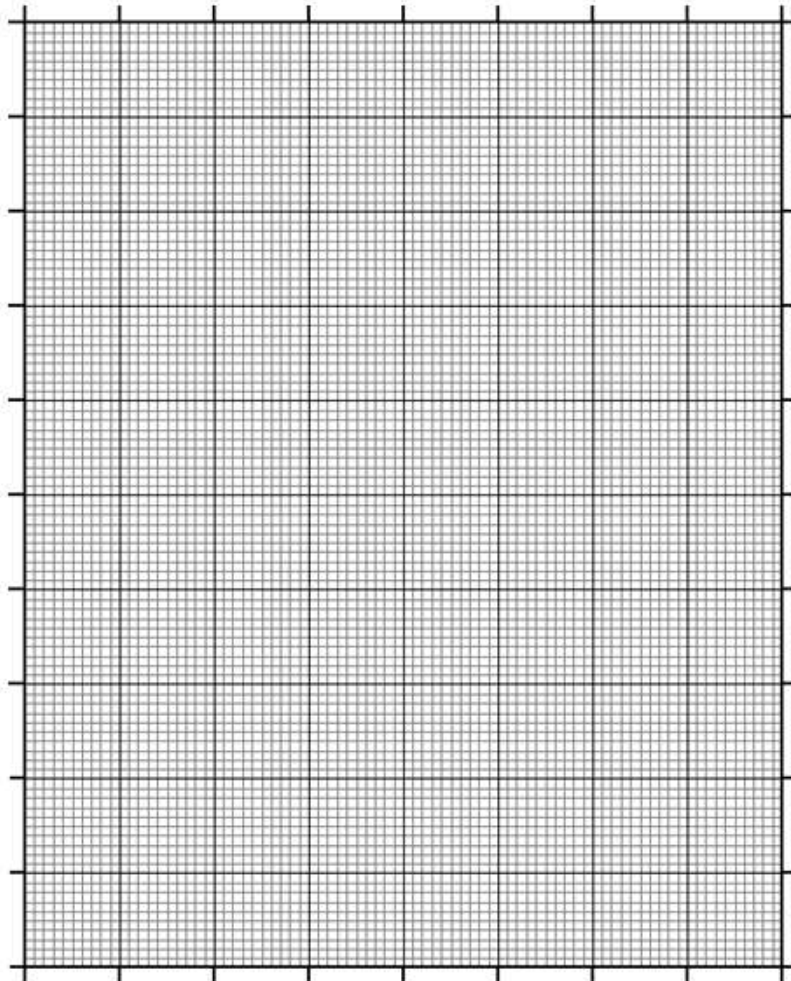
III. Ainda sempre com o ângulo de inclinação de dez graus (10°), e utilizando o corpo de prova de alumínio, preencha a tabela:

Comprimento do pêndulo (L)	20,0cm	30,0cm Dados já obtidos no procedimento I	40,0cm	50,0cm	60,0cm
Tempo de dez oscilações completas (t)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$

A partir dos dados da tabela, o que se pode constatar da relação entre o comprimento do pêndulo e o período?

IV. Utilizando o papel milimetrado da próxima página, construa o gráfico do período (T) versus a raiz quadrada do comprimento do pêndulo (\sqrt{L}).

\sqrt{L} cm	$\sqrt{20} =$	$\sqrt{30} =$	$\sqrt{40} =$	$\sqrt{50} =$	$\sqrt{60} =$
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------



O que se pode concluir a partir do gráfico? Qual a relação matemática entre o período e a raiz quadrada do comprimento do pêndulo?

V. Uma das formas de calcular o valor da aceleração da gravidade é a partir da equação do período (T) do Pêndulo Simples, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$, sendo L o comprimento do fio e g a aceleração da gravidade local. Elevando ao quadrado ambos os lados da equação e isolando a aceleração da gravidade, temos, $g = 4\pi^2 \cdot \frac{L}{T^2}$. Utilizando esta equação, realize os procedimentos que se seguem para determinar o valor aproximado da aceleração da gravidade local. Utilize π igual a 3,1416 e dê a resposta com 4 casas decimais.

Realize duas novas medições para o período de oscilação do Pêndulo Simples, todas com o ângulo de 10° e 30,0 cm de comprimento do pêndulo.

Medições	1ª medição - já realizada no procedimento I.	2ª medição - já realizada no procedimento I.	3ª medição	4ª medição
Tempo (t) de dez oscilações completas	$t_1 =$	$t_2 =$	$t_3 =$	$t_4 =$
Período (T) $T = \frac{t_n}{10}$	$T_1 =$	$T_2 =$	$T_3 =$	$T_4 =$

Determine o valor médio do período ($T_{Médio}$).

$$T_{Médio} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4}$$

$$T_{Médio} =$$

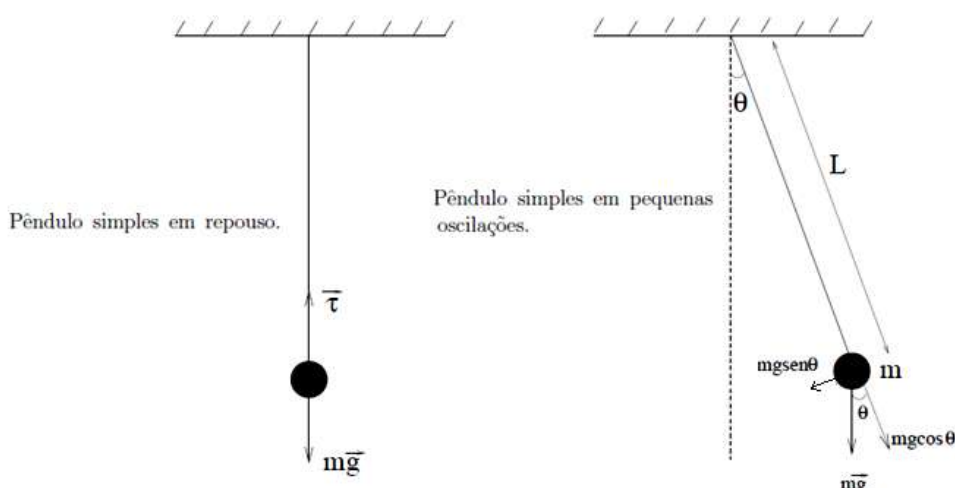
Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.

Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.

Roteiro Estruturado: Laboratório Virtual

Nome: _____ Série: _____
 Curso: _____ Instituição de Ensino: _____

INTRODUÇÃO: O Pêndulo Simples é um sistema mecânico ideal constituído por uma partícula de massa m suspensa por um fio inextensível e sem massa de comprimento L , conforme mostrado na figura abaixo. Quando o pêndulo está em repouso (lado esquerdo da figura), as duas forças que agem sobre a partícula, o seu peso ($\vec{p} = m\vec{g}$) e a tensão aplicada pelo fio ($\vec{\tau}$), se equilibram. Porém, se o pêndulo for afastado de sua posição de equilíbrio (lado direito da figura), de modo que a direção do fio faça um ângulo θ com a vertical, o componente do peso perpendicular ao fio, de intensidade $P = mg \sin \theta$, agirá no sentido de restaurar o equilíbrio, fazendo o pêndulo oscilar, sob a ação da gravidade.

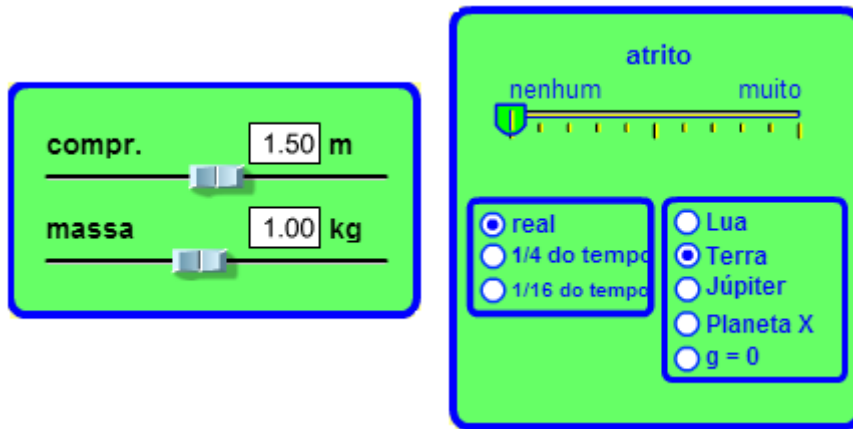


Fonte: Pêndulo Simples. Roteiros. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/~nlandin/fif121/roteiros3.pdf>>. Acesso em: 05 Mai. 2015

MATERIAIS UTILIZADOS: Simulação do Pêndulo Simples

- Pêndulo com massas e comprimentos variáveis;
- Indicação dos ângulos em graus;
- Medidor de comprimento e cronômetro (outras ferramentas);
- Régua;

Com o simulador aberto na tela do computador, insira o valor do comprimento do pêndulo (1,5 m), a massa (1,0 kg), sem resistência do ar e atrito, cronômetro em tempo real e gravidade do planeta terra (conforme figuras).



Realize os procedimentos abaixo:

I. Marque a opção “outras ferramentas” e utilize o cronômetro para medir o tempo de **dez** oscilações completas, de acordo com os ângulos estipulados.

Ângulo	10°	30°	50°	70°
Tempo (t)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$

Calcule em porcentagem o aumento dos períodos indicados na tabela. Para realizar o cálculo, pode-se utilizar da seguinte equação: $\left(1 - \frac{T_{Menor}}{T_{Maior}}\right) \times 100 = \text{_____} \%$.

Ângulos analisados	Entre 10° e 30°	Entre 10° e 50°	Entre 10° e 70°
Varição do valor dos períodos em porcentagem			

O que acontece com o valor do período quando aumentamos o ângulo? E com a variação do valor dos períodos? O que se pode concluir com esses resultados?

Realize os procedimentos abaixo:

II. Abandonando o pêndulo com o ângulo de **dez graus** (10°) e o comprimento de $1,5m$, preencha a tabela abaixo:

Massa (m)	0,5kg	1,0kg Dados já obtidos no procedimento I	1,5kg
Tempo de dez oscilações completas (τ)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$

A partir dos dados da tabela, o que se pode concluir da relação entre o período (T) e a massa (m)? Justifique sua resposta.

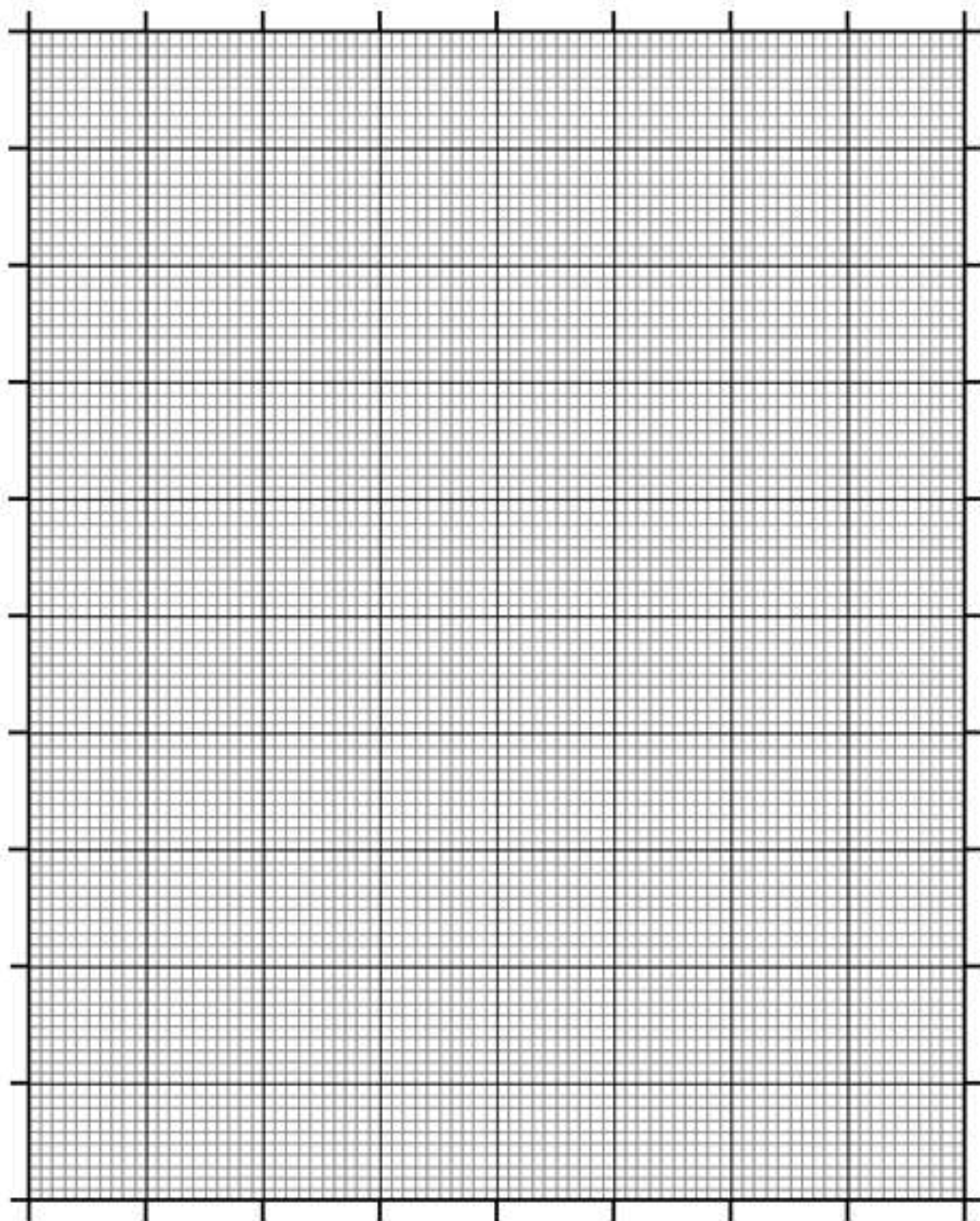
III. Ainda sempre com o ângulo de inclinação de dez graus (10°), e utilizando o pêndulo com massa de 1,0kg, preencha a tabela:

Comprimento do pêndulo (L)	0,5m	1,0m	1,5m Dados já obtidos no procedimento I	2,0m	2,5m
Tempo de dez oscilações completas (τ)	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_1 =$
	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$t_2 =$
	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$	$t_{Médio} =$
Período (T) $T = \frac{t_{Médio}}{10}$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$

A partir dos dados da tabela, o que se pode constatar da relação entre o comprimento do pêndulo e o período?

IV. Utilizando o papel milimetrado da próxima página, construa o gráfico do período (T) versus a raiz quadrada do comprimento do pêndulo (\sqrt{L}).

\sqrt{L} m	$\sqrt{0,5} =$	$\sqrt{1,0} =$	$\sqrt{1,5} =$	$\sqrt{2,0} =$	$\sqrt{2,5} =$
--------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------



O que se pode concluir a partir do gráfico? Qual a relação matemática entre o período e a raiz quadrada do comprimento do pêndulo?

V. Uma das formas de calcular o valor da aceleração da gravidade é a partir da equação do período (T) do Pêndulo Simples, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$, sendo L o comprimento do fio e g a aceleração da gravidade local. Elevando ao quadrado ambos os lados da equação e isolando a aceleração da gravidade, temos, $g = 4\pi^2 \cdot \frac{L}{T^2}$. Utilizando esta equação, realize os procedimentos que seguem para determinar o valor aproximado da aceleração da gravidade local. Utilize π igual a 3,1416 e dê a resposta com 4 casas decimais.

Realize duas novas medições para o período de oscilação do Pêndulo Simples, todas com o ângulo de 10° e 1,5 m de comprimento do pêndulo.

Medições	1ª medição - já realizada no procedimento I.	2ª medição - já realizada no procedimento I.	3ª medição	4ª medição
Tempo (t) de dez oscilações completas	$t_1 =$	$t_2 =$	$t_3 =$	$t_4 =$
Período (T) $T = \frac{t_n}{10}$	$T_1 =$	$T_2 =$	$T_3 =$	$T_4 =$

Determine o valor médio do período ($T_{Médio}$).

$$T_{Médio} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4}$$

$$T_{Médio} =$$

Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.

Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.

ANEXOS:**Parecer Consubstanciado – Comitê de Ética e Pesquisa**

**UFBA – ESCOLA DE ENFERMAGEM DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: ATIVIDADES INVESTIGATIVAS X ATIVIDADES TRADICIONAIS: AS ESTRATÉGIAS UTILIZADAS PELOS ESTUDANTES NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Pesquisador: SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 91094717.2.0000.5531

Instituição Proponente: Universidade Federal da Bahia - UFBA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.989.436

Apresentação do Projeto:

Trata-se da quinta apreciação de projeto de doutorado desenvolvido no programa de Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências sob orientação da Profa Dra Amanda Amantes Neiva Ribeiro. O estudo visa investigar como as estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução de problemas sobre pêndulos simples, apresentados de maneira tradicional e de maneira investigativa, estão relacionadas com a aprendizagem formal desses conteúdos e o engajamento escolar. Será realizada em duas Escolas Públicas Federais que oferecem cursos profissionalizantes concomitante com o Ensino Médio. Será realizada por professores e estudantes do Ensino Médio, mas esses não farão parte da amostra da pesquisa. Serão convidados 42 graduados e cerca de 150 a 300 estudantes do Ensino Integrado que atuarão como juízes no processo de validação. Intervenção: Será realizada com 12 turmas do Ensino Médio Integrado de duas Escolas Públicas Federais em um total de 300 a 420 participantes. Dessas 12 turmas, 04 turmas participarão do estudo piloto e as outras 08 turmas participarão da coleta de dados finais. Nesta pesquisa serão investigadas as três facetas do engajamento escolar: comportamental, emocional e cognitivo de estudantes que participarão de atividades práticas de Física no laboratório didático utilizando roteiros de natureza tradicional e de natureza investigativa. Para a coleta dos dados serão utilizados registros em áudio, anotações de campo e respostas aos roteiros de atividades práticas.

Endereço: Rua Augusto Viana S/N 3º Andar

Bairro: Canela

CEP: 41.110-060

UF: BA **Município:**

SALVADOR

Telefone: (71)3283-7615

Fax: (71)3283-7615

E-mail: cepee.ufba@ufba.br

**UFBA – ESCOLA DE ENFERMAGEM DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**



Continuação do Parecer: 2.989.436

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Investigar como as estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução de problemas sobre pêndulos simples apresentados de maneira tradicional e de maneira investigativa estão relacionadas com a aprendizagem formal desses conteúdos e o engajamento escolar

Objetivo Secundário:

- Avaliar a aprendizagem a partir da aquisição da linguagem científica mediante o uso de atividades de diferentes natureza: tradicional x investigativa;

- Investigar possíveis tendências nos padrões de engajamento dos estudantes a partir de um conjunto de dados coletados com a aplicação das ferramentas de pesquisa;

- Identificar quais elementos do contexto facilitaram ou dificultaram o engajamento dos estudantes;

- Compreender em que medida elementos do contexto atuaram sobre as diferentes facetas do engajamento escolar.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme descrição da pesquisadora:

Riscos: "De acordo com a RESOLUÇÃO Nº 510, DE 7 DE ABRIL DE 2016 e RESOLUÇÃO Nº 466, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012 toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e gradações variadas. Riscos/danos possíveis: Invasão da privacidade de professores e estudantes; Constrangimento ao responder questões sensíveis, tais como relativas a características pessoais ou familiares; Perda do autocontrole ao revelar sentimentos não revelados anteriormente; Discriminação e estigmatização a partir do conteúdo revelado; Eventual divulgação indevida de dados; Desperdiçar o tempo do participante com a conversa; Interferência na vida e na rotina dos participantes; Riscos referentes à divulgação indevida de imagens e áudios das gravações; Situação de desconforto pela presença da pesquisadora na sala de aula. Medidas, providências e cautelas que podem ser adotadas frente a riscos: Garantia de acesso aos resultados dos dados da pesquisa; Minimização de desconfortos, garantindo momento adequado e local reservado para as conversas; Completa atenção aos sinais verbais e não verbais de desconforto; Garantia de confiabilidade, privacidade, proteção da imagem não estimação, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas, e/ou da comunidade; Garantir o acesso dos participantes a todo o material que está sendo produzido: áudios, imagens, textos, transcrições; Garantia de que a pesquisa será suspensa imediatamente ao se perceber algum risco à saúde dos participantes,

Endereço: Rua Augusto Viana S/N 3º Andar

Bairro: Canela **CEP:** 41.110-060

UF: BA **Município:** SALVADOR

Telefone: (71)3283-7615 **Fax:** (71)3283-7615

E-mail: cepee.ufba@ufba.br

**UFBA – ESCOLA DE ENFERMAGEM DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**



Continuação do Parecer: 2.989.436

ainda que não previstos; Garantir aos participantes a divulgação dos resultados; Garantir que sempre serão preservados os valores culturais (principalmente da cultura surda), sociais, morais, religiosos e éticos, bem como hábitos e costumes da comunidade surda; Assumir o compromisso de comunicar os resultados da pesquisa, sempre que puderem contribuir para a melhoria do ensino e da aprendizagem dos participantes; Garantir a preservação da imagem dos participantes."

Benefícios: "Identificar novas metodologias que facilitem o processo de ensino-aprendizagem."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa factível, com o método inovador e muito relevante, sobretudo pelas contribuições que poderá trazer para o processo de ensino aprendizagem teórico-prático da Física.

Identifica-se a revisão do projeto brochura com inserção de tópico denominado "riscos/danos possíveis", contudo importante inserir os aspectos éticos de bioéticos da pesquisa com seres humanos emanados nas Resoluções 466/12 e 510/16, especialmente com grupos vulneráveis, menores e subordinados a Instituição de Ensino Superior, conforme comentado nos pareceres anteriores 2.811.049, de 09 de agosto de 2018; 2.876.909, de 05 de setembro de 2018 e 2.937.387, de 04 de Outubro de 2018.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE e no Termo de Assentimento incorporou recomendações do parecer 2.937.387.

Recomendações:

- Encaminhar relatórios da pesquisa via Plataforma Brasil e publicar resultados.
- Revisão do projeto, com a inserção dos elementos acerca dos aspectos éticos que envolvem a pesquisa, que não se restringem a um tópico com "riscos/danos possíveis".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Opino pela aprovação, tendo em vista que atendeu recomendações definidas no parecer 2.937.387, no que diz respeito a alterações no TCLE e Termo de Assentimento, adequando-os a princípios éticos e bioéticos emanados das resoluções do CNS 466/2012 e 510/2016.

Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer liberado por "ad referendum", conforme acordado em reunião de colegiado.

Endereço: Rua Augusto Viana S/N 3º Andar

Bairro: Canela

CEP: 41.110-060

UF: BA **Município:**

SALVADOR

Telefone: (71)3283-7615

Fax: (71)3283-7615

E-mail: cepee.ufba@ufba.br

**UFBA – ESCOLA DE ENFERMAGEM DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**



Continuação do Parecer: 2.989.436

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_938500.pdf	14/10/2018 21:25:30		Aceito
Outros	Termo_de_consentimento.pdf	14/10/2018 21:24:51	SILVIA CARLA CERQUEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento.pdf	14/10/2018 21:24:14	SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_silviaporto.pdf	14/10/2018 21:23:39	SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO	Aceito
Outros	termoCoparticipante.pdf	08/06/2018 10:25:44	Patrícia Santiago Viana Teixeira de Souza	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetodepesquisaSilviaPorto.pdf	28/04/2018 22:05:41	SILVIA CARLA CERQUEIRA PORTO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termodecompromissdopesquisador.pdf	28/04/2018 22:03:11	SILVIA CARLA CERQUEIRA	Aceito
Outros	Anexos.pdf	28/04/2018 21:51:41	SILVIA CARLA CERQUEIRA	Aceito
Outros	PROPONENTE.docx	29/08/2017 12:10:07	Patrícia Santiago Viana Teixeira de Souza	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	26/08/2017 12:48:49	SILVIA CARLA CERQUEIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SALVADOR, 30 de Outubro de 2018

Assinado por:
Maria Carolina Ortiz Whitaker
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Augusto Viana S/N 3º Andar

Bairro: Canela

UF: BA

Telefone:

Município:

(71)3283-7615

CEP: 41.110-060

SALVADOR

Fax: (71)3283-7615

E-mail: cepee.ufba@ufba.br

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (menores de 18 anos)

Título do Projeto: Atividade Material X Atividade Virtual no ensino de Física: Limites e possibilidades de intervenções tradicionais e investigativas

Pesquisadores responsáveis: Agamenon Pereira Xavier (Doutorando)

Amanda Amantes Neiva Ribeiro (Orientadora)

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, de uma pesquisa educacional. Durante as aulas de Física você estudará a teoria de Pêndulo Simples associada a atividades experimentais tradicionais e investigativas, no laboratório virtual e material. Nesta unidade serão propostas algumas atividades que envolvem leitura e questões fechadas e abertas, as quais devem ser respondidas como tarefas escolares usuais. Seu professor poderá, ou não, avaliar tais atividades e corrigi-las como parte do processo de avaliação do seu desempenho em Física.

A pesquisa tem como objetivo investigar a aprendizagem de estudantes do ensino médio sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, a partir da abordagem experimental, tendo como parâmetro duas perspectivas de abordagem metodológica de ensino (i) natureza instrumental: laboratório virtual X laboratório material (ii) natureza procedimental: atividade tradicional e atividade investigativa. Para isso (i) pretendemos analisar suas anotações e respostas registradas por escrito nas folhas de atividades, cadernos e testes;

(ii) gravar em áudio suas falas e conversas com colegas durante as aulas de física. Este estudo produzirá conhecimento educacional relevante para nós, para nossos futuros(as) alunos(as) e para outros professores e seus alunos. É conhecimento socialmente relevante.

Pedimos a sua autorização para: (i) analisar seus registros escritos; (ii) para gravar em áudio suas falas e conversas com colegas durante as aulas de física enquanto realiza as tarefas propostas.

Caso você não autorize a análise de seus registros escritos; ainda assim eles serão coletados pelo professor para fins de ensino, porém nós não os utilizaremos em nosso estudo e nem os manteremos em bancos de dados. Eles poderão ser usados pelo seu professor para fins didáticos, seja como exercício escolar, seja como parte da avaliação escolar.

Caso você não autorize a gravação em áudio de suas falas e conversas com colegas enquanto realiza as tarefas propostas, respeitaremos sua decisão e não faremos gravação em áudio de seu grupo.

Em quaisquer dos casos a sua recusa não lhe acarretará nenhuma sanção. No entanto, sua recusa não o eximirá de participar normalmente das atividades escolares e do estudo da unidade de ensino.

Se você concordar com este uso de seus registros nesta pesquisa, podemos lhe garantir que: (i) nos nossos procedimentos de análise adotaremos procedimentos para preservar a sua identidade e resguardar a sua privacidade; (ii) seu professor de física não

utilizará os resultados de nossa análise para lhe avaliar ou para analisar seu desempenho; (iii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que você seja identificado.

Se você concordar em participar da pesquisa, nós também lhe pedimos a autorização para manter seus dados por 05 anos em um banco de dados para outras pesquisas educacionais a serem eventualmente realizadas no futuro. Os compromissos assumidos acima permanecerão válidos para esse banco de dados, em arquivos digitais. O Comitê de ética na pesquisa será comunicado de qualquer nova pesquisa a ser realizada analisando seus dados.

Caso você não concorde com a manutenção dos seus dados no banco de dados, nós os destruiremos tão logo a pesquisa termine.

Você não terá nenhum benefício direto – não receberá vantagem de qualquer espécie - pela sua participação nesta pesquisa. Os benefícios que você possa vir a ter serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de física, e que poderá beneficiar a você e aos nossos futuros(as) alunos(as). Por outro lado, não identificamos qualquer risco potencial em sua participação no estudo.

Caso você dê seu consentimento e, posteriormente mude de ideia, você poderá retirar o consentimento a qualquer momento que assim o desejar, sem que isso lhe traga qualquer sanção. Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando você pode procurar os pesquisadores responsáveis para esclarecer suas dúvidas. Caso persistam dúvidas você poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa na Escola de Enfermagem, no endereço: Rua Augusto Viana, s/n. 4º andar, sala 432-437, Canela, Salvador - BA, onde você pode consultar a qualquer momento, no telefone 3283-7615, ou e-mail: cepee.ufba@ufba.br.

Os conhecimentos resultantes deste estudo serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma Tese de Doutorado.

Assinatura da Orientadora de Pesquisa
Profa. Dra. Amanda Amantes Neiva
Ribeiro e-mail:
profaamandaamantes@gmail.com
Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Educação
Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n -
Canela, CEP 40110-100
Salvador – Bahia (71)
32837272

Assinatura do Pesquisador Responsável
Agamenon Pereira Xavier
e-mail: agapxavier@yahoo.com.br
Universidade Federal da Bahia
Instituto de Física
Rua Barão de Jeremoabo, s/n Ondina
CEP 40170-115
Salvador – Bahia
(71)32836608

Consentimento da Participação da Pessoa como Participante da Pesquisa

Eu li e discuti com o pesquisador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento.

Eu entendi a informação apresentada nesse documento. Entendi que receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado.

Declaro que nesta data tenho mais de dezoito anos.

Declaro que nesta data tenho menos de dezoito anos.

Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que eu posso interromper minha participação na pesquisa a qualquer momento.

Os meus registros escritos – pré-teste, pós-testes, respostas às questões e demais anotações que farei durante as aulas de física, coletados para o estudo podem ser usados para a pesquisa acima descrita.

Eu concordo. Eu não concordo.

As minhas falas e conversas com colegas gravadas em áudio durante as aulas de física podem ser usados para a pesquisa acima descrita.

Eu concordo. Eu não concordo.

Os dados escritos coletados para o estudo podem ser guardados em banco de dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional.

Eu concordo. Eu não concordo.

Os dados gravados em áudio coletados para o estudo podem ser guardados em banco de dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional. Eu concordo. Eu não concordo.

Feira de Santana, ____ de _____ de 2017

Nome por extenso: _____

Assinatura: _____

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Pais ou Responsáveis)

Título do Projeto: **Atividade Material X Atividade Virtual no Ensino de Física:**

Limites e possibilidades de intervenções tradicionais e investigativas.

Pesquisadores responsáveis: Agamenon Pereira Xavier (Doutorando)
Amanda Amantes Neiva Ribeiro (Orientadora)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Senhores Pais:

Seu (sua) filho (a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa educacional.

Durante as aulas de Física seu (sua) filho (a) estudará a teoria de Pêndulo Simples associada a atividades experimentais tradicionais e investigativas, no laboratório virtual e material. Nesta unidade serão propostas algumas atividades que envolvem leitura e questões fechadas e abertas, as quais devem ser respondidas como tarefas escolares usuais. Seu professor poderá, ou não, avaliar tais atividades e corrigi-las como parte do processo de avaliação do seu desempenho em Física.

A pesquisa tem como objetivo investigar a aprendizagem de estudantes do ensino médio sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, a partir da abordagem experimental, tendo como parâmetro duas perspectivas de abordagem metodológica de ensino (i) natureza instrumental: laboratório virtual X laboratório material (ii) natureza procedimental: atividade tradicional e atividade investigativa. Para isso (i) pretendemos analisar as anotações e respostas registradas por escrito nas folhas de atividades, cadernos e testes de seus filhos; (ii) gravar em áudio, as falas e conversas dos estudantes durante as aulas de física enquanto realizam suas atividades. Este estudo produzirá conhecimento educacional relevante para nós, para nossos futuros(as) alunos(as) e para outros professores e seus alunos. É conhecimento socialmente relevante.

Pedimos a sua autorização para: (i) analisar os registros escritos de seus filhos; (ii) para gravar em áudio as falas e conversas de seu (sua) filho (a) com colegas durante as aulas de física enquanto realiza as tarefas propostas.

Caso você não autorize a análise dos registros escritos pelos seus filhos, ainda assim eles serão coletados, porém nós não os utilizaremos em nosso estudo e nem os manteremos em bancos de dados. Eles poderão, entretanto, serem usados pelo professor e para fins didáticos: como exercício escolar ou como parte da avaliação escolar.

Caso você não autorize a gravação em áudio das falas e conversas de seu (sua) filho (a) com colegas durante as aulas de física enquanto realiza as tarefas propostas, respeitaremos sua decisão e não faremos gravação em áudio do grupo de seu (sua) filho (a). Em quaisquer dos casos a recusa não acarretará nenhuma sanção ao seu (sua) filho

(a). A recusa também não eximirá seu (sua) filho (a) de participar normalmente das atividades escolares e do estudo da unidade de ensino.

Se o senhor concordar com o uso dos registros de seu (sua) filho (a) nesta pesquisa, podemos lhe garantir que: (i) nos nossos procedimentos de análise adotaremos procedimentos para preservar a identidade e resguardar a privacidade de seu (sua) filho (a); (ii) o professor de física não utilizará os resultados de nossa análise para avaliar ou para analisar o desempenho de seu (sua) filho (a); (iii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que seu (sua) filho (a) seja identificado. Se o senhor concordar com a participação do seu (sua) filho (a) na pesquisa, nós também lhe pedimos autorização para manter os dados por 05 anos em um banco de dados para outras pesquisas educacionais a serem eventualmente realizadas no futuro.

Os compromissos assumidos acima permanecerão válidos para esse banco de dados, em arquivos digitais. O Comitê de ética na pesquisa será comunicado de qualquer nova pesquisa a ser realizada analisando os dados de seu (sua) filho (a).

Caso o senhor não concorde com a manutenção dos dados de seu (sua) filho (a) no banco de dados, nós os destruiremos tão logo a pesquisa termine.

Seu (sua) filho (a) não terá benefício direto – não receberá vantagem de qualquer espécie - pela sua participação nesta pesquisa. Os benefícios que ele possa vir a ter serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de física, e que poderá beneficiar nossos(as) alunos(as) presentes e futuros. Por outro lado, não identificamos qualquer risco potencial da participação de seu (sua) filho (a) no estudo.

Caso o senhor dê seu consentimento e, posteriormente mude de ideia, poderá retirar o consentimento a qualquer momento que assim o desejar, sem que isso traga qualquer sanção a seu (sua) filho (a). Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando, você pode procurar os pesquisadores responsáveis para esclarecer suas dúvidas. Caso persistam dúvidas você poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa na Escola de Enfermagem, no endereço: Rua Augusto Viana, s/n. 4º andar, sala 432-437, Canela, Salvador - BA, onde você pode consultar a qualquer momento, no telefone 3283-7615, ou e-mail: cepee.ufba@ufba.br.

Os conhecimentos resultantes deste estudo serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma Tese de Doutorado.

Assinatura da Orientadora de Pesquisa
Profa. Dra. Amanda Amantes Neiva
Ribeiro e-mail:
profaamandaamantes@gmail.com
Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Educação
Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n -
Canela, CEP 40110-100
Salvador – Bahia
(71) 32837272

Assinatura do Pesquisador Responsável
Agamenon Pereira Xavier
e-mail: agapxavier@yahoo.com.br
Universidade Federal da Bahia
Instituto de Física
Rua Barão de Jeremoabo, s/n Ondina
CEP 40170-115
Salvador – Bahia
(71) 32836608

Consentimento da Participação do(a) Filho(a) como Participante da Pesquisa

Eu li e entendi as informações e os detalhes descritos nesse documento.

Entendi que receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado.

Entendo que eu sou livre para autorizar ou não a participação de meu(minha) filho(a) na pesquisa e que posso interromper a participação dele(a) a qualquer momento.

Os registros escritos feitos por meu(minha) filho(a) – pré-teste, pós-testes, respostas às questões e demais anotações que fará durante as aulas de física, coletados para o estudo, podem ser usados para a pesquisa acima descrita.

Eu concordo. Eu não concordo.

As falas de meu(minha) filho(a) e suas conversas com colegas gravadas em áudio durante as aulas de física podem ser usados para a pesquisa acima descrita.

Eu concordo. Eu não concordo.

Os dados escritos produzidos por meu(minha) filho(a) podem ser coletados para o estudo, podem ser guardados em banco de dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional.

Eu concordo. Eu não concordo.

Os dados gravados em áudio relativos ao(a) meu(minha) filho(a) coletados para o estudo podem ser guardados em banco e dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional.

Eu concordo. Eu não concordo.

Feira de Santana, _____ de _____ de 2017

Nome por extenso: _____

Nome do(a) Filho(a): _____

Assinatura: _____