

Tese de Doutorado em Ensino,  
Filosofia e História das Ciências  
**Madāyā Aguiar**

# **Aprendizagem de Conceitos Físicos a partir de um Jogo Didático**

Salvador - Bahia  
Dezembro/2018

**MADÂYÃ DOS SANTOS FIGUEIREDO DE AGUIAR**

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS A PARTIR DE UM JOGO DIDÁTICO**

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

Linha de Pesquisa: Educação Científica e Formação de Professores.

Orientadora: Prof. Dra. Amanda Amantes

Coorientador: Prof. Dr. Charbel El-Hani

Salvador – Bahia

Dezembro de 2018

Aguiar, Madāyā dos Santos Figueiredo de.

Aprendizagem de conceitos físicos a partir de um jogo didático / Madāyā dos Santos Figueiredo de Aguiar. - 2018.

273 f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Amantes Neiva.

Coorientador: Prof. Dr. Charbel Nino El-Hani.

Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) -

Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Educação, Salvador, 2018.

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

1. Física (Ensino médio) - Estudo e ensino - Pesquisa. 2. Aprendizagem. 3. Jogos didáticos. 4. Jogos no ensino de física. I. Neiva, Amanda Amantes. II. El-Hani, Charbel Nino. III. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. IV. Universidade Estadual de Feira de Santana. V. Título.

## **MADÂYÃ DOS SANTOS FIGUEIREDO DE AGUIAR**

### **APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS A PARTIR DE UM JOGO DIDÁTICO**

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

**APROVADA** em 14 de Dezembro de 2018.

Profa. Dra. Amanda Amantes Neiva - Orientadora  
Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais  
UFMG, Brasil  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani – Coorientador  
Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo  
USP, Brasil  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Prof. Dra. Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda  
Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia  
UFBA, Brasil  
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

Prof. Dr. Ecivaldo de Souza Matos  
Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo  
USP, Brasil  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Dra. Lynn Rosalina Gama Alves  
Doutora em Educação pela Universidade Federal da Bahia  
UFBA, Brasil  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior  
Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais  
UFMG, Brasil  
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Dedico este trabalho

Aos **meus pais**, Archimedes Aguiar e Lilian Figueiredo, que todos os dias depositam fé em mim.

Às **minhas irmãs**, Mallini Aguiar e Gītā Aguiar. Levarei em meu coração nosso grito de guerra até minha voz se calar: “Irmãs, maçãs, romãs!” (Megan Mcdonald)

Às **minhas avós**, Alaíde Aguiar e Wanda Figueiredo (*in memoriam*), meus tesouros!

À **Sâmya**, solzinho que ilumina minha vida com o amor mais puro!

Pra Sempre!

## AGRADECIMENTOS<sup>1</sup>

Agradecer é um ato de reconhecimento que pode ser traduzido em gestos ou em palavras. Em tempo, os gestos serão materializados, mas, neste momento, tentarei registrar toda a gratidão que sinto por aqueles que contribuíram durante esta jornada.

Aos professores (Daniela Lima, Frank Hebert França, Isabelle Priscila Lima, Jancarlos Lapa, Laura Arouca, Marconi Silveira e Poliana Oliveira) e todos os estudantes que fizeram parte do processo de construção de ideias, validação e aplicação da intervenção educacional: sem a participação de vocês essa pesquisa não seria possível!

Aos meus orientadores, professores Dra. Amanda Amantes Neiva e Dr. Charbel Niño El-Hani, que ensinaram mais do que um conjunto de ações que se limitam à academia. Sem a crítica cuidadosa de vocês não seria possível refinar, (re)construir ou iluminar os argumentos que sustentam essa pesquisa. Agradeço, em particular, à Amanda, que comprou a ideia de um jogo que se transformou em outro, teve paciência para encarar meu tempo e meus sobressaltos quando tudo parecia perdido (pelo menos para mim) e acreditou mais no meu trabalho do que eu mesma! Como ela mesma diz: “A relação entre orientador e orientando é de amor e ódio.” O melhor de tudo... é que TUDO vale a pena!

Ao professor Dr. Cristiano Mauro Assis Gomes pela valiosa colaboração.

À professora Dra. Maria Cristina Martins Penido pelo apoio e confiança desde a época de estudante de graduação no IF-UFBA e ao professor Dr. José Garcia Vivas Miranda pelo diálogo e estímulo durante o processo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC), em especial, aos professores Dr. Jonei Cerqueira Barbosa, Dr. Luiz Márcio Santos Farias e Dra. Rosiléia Oliveira de Almeida. Para mim, vocês são exemplos!

Aos funcionários do PPGEFHC pela paciência, orientação e gentileza com que sempre me trataram ao longo deste período.

Aos colegas do PPGEFHC, em particular, a Vanessa Santos (Van, aprendo muito com você!), e aos colegas do grupo de pesquisa LAMPMEC, especialmente, aos amigos Agamenon Xavier, Anna Cássia Sarmento, Kátia Souza, Moisés Cruz, Natanildo Barbosa, Sílvia Porto e Wanderley Jr.. Imensamente grata pela amizade, incentivo e apoio em todas as horas, por confiarem em mim e pelas contribuições sempre importantes - muitos de vocês estão refletidos nas linhas que constituem este texto e espero que em outros tantos registros durante a minha vida.

Ao Caio Agra... Amigo, o que dizer a você? Muito obrigado por ter me estendido à mão, doado as orelhas em hooooooras de ligações, por todas as trocas de ideias... Você é simplesmente in-crí-vel!

Aos amigos para toda uma vida: Alan Santos; Alane Virgínia; Ana Carla e Andréia Bittencourt; Angelo Correia; Bianca Batista; Cybelle Lobão; Fernanda Araújo; Flora Bacelar; Jéssica Araújo; “Mara” Oliveira; Marconi Alcântara;

<sup>1</sup> Agradeço, formalmente, à CAPES pela concessão de bolsa Doutorado.

Margarete Santos; Maria Caroline Silva; Maria Eugênia Conceição; Micael Andrade; Milena Ventura; Sirlley Gadéa; Suely Alves e Vanessa Romancini.

À equipe gestora, amigos e amigas do Colégio Estadual Thales de Azevedo.

À Gabriela Gordilho por ser a voz da minha consciência e à Taiala Oliveira pela generosidade em meio a um dos obstáculos que a vida me impôs durante esse processo.

À vó Emília, Celeste, Viviane e “Carlinhos” pela torcida de sempre.

Aos meus cunhados, principalmente Leonardo Thomas pelo apoio e partilha de ideias!

Às minhas queridas Edimery Santos (tia) e Larissa Santos (prima) pelos “dedinhos de prosa”, pela confiança e pela compreensão durante os momentos de afastamento.

A Venicius Eriel... Obrigada, mais uma vez, pela participação nesse projeto, pelas palavras de carinho e ânimo, pelos abraços nos momentos em que eu acreditava que não conseguiria e pela interlocução, compreensão e paciência no decorrer desses anos. “Gosto mais do mundo quando posso olhar pra ele com você” (Paulinho Moska).

À minha família: Papuxo, Mamãe, Nini, Giu, Sâm, vovó Alaíde e vovó Wanda (*in memorian*). Vocês são o meu sorriso mais largo, o meu guarda-chuva em dias de tempestade, o amparo quando eu vacilo. O que seria de mim sem vocês? Nossos nós podem até ser um mix de passado e presente, mas nossos laços estão para além do pulsar dos nossos corações: eles são eternos!

Por fim, agradeço àquela energia propulsora, que acalenta nossos corações no desespero, que nos anima quando a manhã nos parece sorrir e nos fala baixinho, quase em um sussurro, “Calma! Isso também vai passar!”. Essa energia tem muitos nomes... Eu não preciso chamá-la de nada, porque ela acaba sendo TUDO!

A todos vocês, muito obrigado!

Cheirinhos

*“Desistir...”*

Eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que **tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas**, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça”.

Geraldo Eustáquio de Souza (grifo meu)

## RESUMO

Essa tese apresenta uma investigação sobre a aprendizagem de conceitos físicos de estudantes do Ensino Médio a partir da utilização de dois recursos didáticos de naturezas distintas: um jogo didático (JD) e um estudo dirigido (ED). Para desenvolver a investigação, concebemos aprendizagem como um processo que subtende a evolução de um traço latente. Este processo pode sofrer interferência de diversos fatores, tais como: gênero, maturidade, repertório, as interações do sujeito com os demais participantes de uma intervenção educacional (suporte social) e com o conteúdo. Essa última, em particular, ocorreu através da interação com os recursos didáticos desenvolvidos para esta pesquisa. Para avaliar em que medida o JD auxilia a aprendizagem de conceitos formais, estudantes de escolas públicas da rede federal e estadual de ensino foram distribuídos em dois grupos e submetidos a uma intervenção educacional no qual a ordem de aplicação das ferramentas pedagógicas se diferenciava. A pesquisa se fundamenta na metodologia mista e abrange três etapas distintas: (i) construção e validação dos instrumentos que constituem a investigação, (ii) aplicação dos instrumentos validados em uma intervenção educacional e (iii) análise dos dados coletados no contexto desta intervenção. Um total de 420 indivíduos, pertencentes a grupos amostrais diferentes, estiveram envolvidos com a pesquisa, sendo estes: (a) 288 estudantes participantes do processo de validação e 17 professores da Educação Básica e pesquisadores da área de Ensino de Ciências, sendo que alguns deles participaram da validação de mais de um instrumento; e (b) 115 estudantes que concluíram a intervenção. Destes, analisamos os dados apenas de 77 estudantes, nossa amostra final. Durante a intervenção educacional, embora os dados coletados compreendessem gravações de áudio, registros em diário de bordo e respostas às atividades escritas presentes no estudo dirigido, testes de conhecimento e em um questionário de opinião, os objetos de análise deste trabalho envolvem apenas as respostas contidas nos testes de conhecimento e questionário de opinião. Com base na análise desses dados, os resultados apontam: (1) existência de aprendizagem independentemente da ordem de aplicação das ferramentas educacionais; (2) não existem diferenças significativas no ganho do desempenho dos estudantes pertencentes a cada um dos grupos; (3) uma associação entre o sentimento de cooperação e a aprendizagem, bem como com características intrínsecas das turmas que participaram da intervenção. Esse último resultado indica que uma metodologia de análise que considere efeitos multiplicativos pode ser uma ferramenta mais adequada para dimensionar fenômenos complexos como a aprendizagem, que empiricamente apresentam relações não lineares. Uma opção para explicitar tais interações não-lineares, como também melhor avaliar a efetividade da ferramenta lúdica, envolve a ampliação do número de participantes da amostra analisada, a fim de obter modelos mais adequados e robustos. Todavia, de modo geral, os resultados obtidos nos permitem (a) hipotetizar que o jogo didático projetado propicia a aprendizagem de conteúdos científicos tanto quanto o estudo dirigido; (b) defender a necessidade de promover ambientes de aprendizagem em que haja maior cooperação entre os sujeitos, uma vez que constatamos indícios de maior ganho no desempenho dos estudantes. Desse modo, sob o ponto de vista pedagógico, essa ferramenta se configura como um potencial recurso para ser utilizado no contexto escolar.

**Palavras-chave:** Aprendizagem, Jogo Didático, Ensino de Física, Pesquisa Mista

## ABSTRACT

This thesis presents an investigation on the learning of physical concepts of high school students from the use of two didactic resources of different natures: a didactic game (DG) and a directed study (DS). To develop research, we conceive learning as a process that subtend the evolution of a latent trait. This process may suffer interference from several factors, such as: gender, maturity, repertoire, the interactions of the subject with the other participants of an educational intervention (social support) and with the content. The latter, in particular, occurred through the interaction with the didactic resources developed for this research. To evaluate the extent to which DG assists the learning of formal concepts, students from public schools in the federal and state schools were distributed into two groups and submitted to an educational intervention in which the order of application of pedagogical tools differed. The research is based on the mixed methodology and covers three distinct stages: (i) construction and validation of the instruments that constitute the investigation, (ii) application of validated instruments in an educational intervention and (iii) analysis of the data collected in the context of this intervention. A total of 420 individuals, belonging to different sample groups, were involved with the research, which were: (a) 288 students participating in the validation process and 17 teachers of Basic Education and researchers in the area of Science Education, some of whom participated in the validation of more than one instrument; and (b) 115 students who completed the intervention. Of these, we analyzed data from only 77 students, our final sample. During the educational intervention, although the collected data included audio recordings, logbook records and responses to the written activities present in the directed study, knowledge tests and an opinion questionnaire, the objects of analysis of this work involve only the answers contained in the knowledge tests and opinion questionnaire. Based on the analysis of these data, the results indicate: (1) existence of learning regardless of the order of application of educational tools; (2) there are no significant differences in the performance gain of students belonging to each group; (3) an association between the feeling of cooperation and learning, as well as with intrinsic characteristics of the classes that participated in the intervention. This last result indicates that an analysis methodology that considers multiplicative effects may be a more appropriate tool to scale complex phenomena such as learning, which empirically present nonlinear relationships. An option to explain such nonlinear interactions, as well as better to evaluate the effectiveness of the playful tool, involves increasing the number of participants in the analyzed sample, in order to obtain more adequate and robust models. However, ingeneral, the results obtained allow us to (a) to hypothesize that the designed didactic game provides the learning of scientific content as much as the directed study; (b) to defend the need to promote learning environments in which there is greater cooperation between the subjects, since we found evidence of greater gain in the performance of students. Thus, from the pedagogical point of view, this tool is configured as a potential resource to be used in the school context.

**Keywords:** Learning, Didactic Game, Physics Teaching, Mixed Research



# Sumário



## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese



## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico



## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

9



## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

11



## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras



## 6 Referências

## Anexos

## Apêndices

14



2

# ◀ O Enredo

## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese

## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico

## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras

## 6 Referências

## Anexos

## Apêndices

14

2

Neste tópico, que se refere a uma breve apresentação, sintetizo as circunstâncias que me aproximaram da área de Ensino de Física, assim como o contato com jogos didáticos. Tal relato é tratado sob a perspectiva da minha prática docente, mostrando como o cenário associado ao Ensino de Ciências, em particular da Física, gerou inquietações e reflexões que desencadearam com a proposição de um anteprojeto de pesquisa submetido à comissão de seleção de candidatos a doutores pelo programa interinstitucional de pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências<sup>2</sup>. Em seguida, apresento argumentos que justificam a escolha do formato da tese, como também detalho sua organização e estrutura.

### **1.1 NASCIMENTO DO PROJETO DE PESQUISA**

Na Educação Básica fui professora do quadro temporário de servidores da Secretaria de Educação do Estado da Bahia durante os anos 1998, 1999, 2004 e 2005. Nesse período, atuei em 3 instituições da rede estadual de ensino ministrando aulas de Física para estudantes matriculados nas modalidades Ensino Médio Regular e Normal, nos turnos diurno e noturno.

Com a homologação do concurso realizado para o suprimento de vagas de professores na rede pública no Estado da Bahia, desde 2006 até 14 de maio de 2014, atuei em outras 2 unidades escolares, prioritariamente<sup>3</sup>, como professora de Física para estudantes, inclusive portadores de necessidades especiais, matriculados nas modalidades: (i) Ensino Médio Regular, (ii) Educação de Jovens e Adultos - EJA (em 2013 e 2014), (iii) PROEJA<sup>4</sup> (em 2014).

Não pretendo descrever, neste ou em qualquer outro momento ao longo deste texto, as especificidades de cada escola devido à diversidade de contextos e as distintas experiências vividas nestes ambientes educacionais. Independentemente

<sup>2</sup> Este programa é desenvolvido em coparceria entre a Universidade Federal da Bahia e a Universidade Estadual de Feira de Santana.

<sup>3</sup> Devido às distorções que ocorrem no sistema educacional público, tão conhecidos daqueles que estão imersos neste contexto como também para aqueles que pesquisam fenômenos educacionais, gestão de pessoas e políticas públicas, dentre outros, ocupei a função de professora de Estudos Religiosos no Ensino Fundamental II durante o ano eletivo de 2010, para complementar a carga horária, e de Matemática em 2011.

<sup>4</sup> Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica, na Modalidade de Jovens e Adultos (Proeja)

de tais experiências, comungo com a ideia sobre a necessidade de: (a) adotar novas metodologias de ensino e de avaliação defendidas nos documentos educacionais oficiais (BRASIL, 1996; BRASIL, 2013, BAHIA, 2015) e (b) refletir sobre 4 perguntas que, em princípio, deveriam ser norteadoras para a prática pedagógica a despeito dos meus anseios como professora de Física: (i) Para quem ensinar? (ii) O que ensinar? (iii) Por que/Para que ensinar? (iv) Como ensinar?

Diante das dificuldades diárias que provocam ruído no processo de ensino e aprendizagem, bem como às restrições quanto à utilização de laboratórios concretos e virtuais, optei por usar uma abordagem com o peso maior nos conceitos científicos e, com o tempo, inclui ferramentas lúdicas e a perspectiva histórica e filosófica para discutir conteúdos tipicamente escolares. Entretanto, mesmo com o emprego dessas abordagens, a modelagem matemática sempre esteve presente por entendê-la como uma linguagem estruturante para o conhecimento físico.

Em paralelo às aulas, quando possível, colaborei e/ou desenvolvi diversas atividades educacionais, com ênfase em:

- (i) experimentação - Feira e Mostras de Ciências (1999, 2011 e 2013);
- (ii) aspectos do cotidiano – Onde está a Física? e Física em foco (1999, 2012 e 2013);
- (iii) história e filosofia das Ciências – Teatro da Física e Pensando em Física (2012);
- (iv) olimpíadas de conhecimento e jogos didáticos – Gincanas educativas (2004 a 2009, 2012 e 2013), Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (2012 e 2013) e Jogos de Tabuleiro (2011 a 2013);

Entre março de 2009 e fevereiro de 2011, concomitante à função de professora da Educação Básica, através de processo seletivo, atuei como docente por tempo determinado no Departamento de Educação II da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia (FACED/UFBA), com carga horária semanal de 20h, ministrando aulas nas disciplinas Metodologias e Práticas do Ensino de Física I e II (EDC 203 e EDC 206) para os cursos diurno e noturno de Licenciatura em Física. Foi durante essa época que pude me aproximar de questões de caráter teórico-metodológico relativas à pesquisa em Educação em Ciências e, vinculado às vivências no contexto educacional, reposicionar meu olhar para esta área de investigação.

Neste período, conheci a professora Dra. Amanda Amantes, recém ingressa à FACED/UFBA. A convite dela e da professora Dra. Maria Cristina Penido, ministrei, em 2012, uma palestra sobre jogos no ensino de Física em uma das aulas das disciplinas EDC203 e EDC206. Naquele momento, o interesse pelo tema era fortemente associado aos resultados observados, porém não sistematizados, nas aulas de Física na rede estadual de ensino. Outra palestra a convite da professora Dra. Amanda Amantes foi ministrada em uma de suas turmas do PARFOR (Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica). A proposta para esta atividade era apresentar os projetos realizados ao longo da minha carreira como professora de Física da Educação Básica e elencar algumas das motivações e limitações para a execução destes. Esta se tornou a oportunidade para sintetizar reflexões sobre a minha insatisfação em se tratar a Física sob a perspectiva do ensino por transmissão: como um conjunto de equações a serem memorizadas e manipuladas pelos estudantes.

Este modelo, tão fortemente adotado nas aulas de Física, dificulta a construção de significados para os estudantes e o empoderamento do conhecimento. Segundo Robilotta (1988), o fato do ensino de física não propiciar tal empoderamento, conduz os estudantes a assumir o papel de meros “portadores de um saber cujos donos seriam os professores, os livros ou a escola” (ROBILOTTA, 1988, p.7). Entretanto, é inegável que o caráter multidimensional, complexo e abstrato inerente a esta ciência (e por que não expandir para as demais ciências da natureza?) afeta, sobremaneira, o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos. Do ponto de vista docente, os professores necessitam acessar conhecimentos multirreferenciados que pertencem não somente aos próprios assuntos do campo de conhecimento, mas também às áreas da filosofia e história das ciências, psicologia, pedagogia, dentre outras (a citar: ética, sociologia, antropologia e linguística) (DUIT, 2007).

Para além do assentimento destas necessidades, a falta de criatividade e interesse, apatia e passividade dos estudantes me incomodavam de tal forma que se configuravam como motivações para a proposição de atividades diversas e adoção de metodologias de ensino plurais em que consideramos a natureza complexa, não trivial e temporalmente mutável, tão características do processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos (LABURÚ; ARRUDA; NARDI,

2003). Esse acabou sendo o pressuposto metodológico que conduziu a minha prática pedagógica.

Algumas dessas inquietações começaram a povoar os diálogos entre mim e a professora Amanda. Com o tempo, tornaram-se cada vez mais frequentes os momentos de interlocução sobre aspectos que envolviam a pesquisa educacional e o campo profissional. Até que em uma dessas conversas, quando discutíamos as potencialidades da ferramenta lúdica frente ao panorama do ensino de ciências, em particular de Física, uma proposta é desencadeada pela professora Dra. Amanda Amantes: Que tal você propor um projeto de pesquisa que aborde jogos no ensino de Física?

Diante da conjuntura a qual estava imersa e o modelo hegemônico de ensino deste componente curricular, tornou-se difícil recusar a parceria no desenvolvimento de uma pesquisa desta natureza, concorda?

Bem... Aqui estamos!

## 1.2 FORMATO DA TESE

A iniciativa de produzir a tese através de uma mistura de representações surgiu durante uma das aulas da disciplina FISA02 - Referenciais Teóricos e Metodologia da Pesquisa em Educação Científica, componente obrigatório nos cursos de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, ministrada, no semestre 2015.2, pelo professor Dr. Jonei Cerqueira Barbosa.

Em certo momento, foi sugerida a leitura de um texto intitulado **Formatos insubordinados de dissertações e teses na Educação Matemática**, de sua própria autoria. Tanto neste texto quanto em seu discurso durante as aulas, fica clara a intenção do professor em levar os estudantes a questionarem a ampla utilização do formato tradicional e a buscarem por representações consonantes com o propósito da investigação em desenvolvimento.

Para Barbosa (2015), o pressuposto presente nestas formas originais de representações é que estas são parte do conteúdo. A partir disto, a ideia de apresentar este trabalho por um formato que se aproximasse mais do tema aqui abordado foi tomando corpo: Por que não apresentar esta tese como uma coleção

de artigos (a serem publicados) entrelaçada a aspectos lúdicos, elemento tão fortemente presente no meu trabalho de investigação? (Ao que parece, uma sementinha de insubordinação encontrou solo fértil e brotou!)

Embora, nos dias de hoje, haja maior legitimidade e acolhimento na área de Educação<sup>5</sup> quanto à adoção de formatos de dissertações e teses que se distanciem daquele considerado como tradicional<sup>6</sup>, monográfico - ou uma “única obra publicável” - é impossível negar a “estranheza” demonstrada por parte de examinadores destes trabalhos em bancas de qualificação e defesa, orientadores e estudantes de graduação e pós-graduação (BARBOSA, 2015).

De fato, a discussão sobre formatos alternativos para teses e dissertações está presente na literatura desde fins do século passado. Em 1999, Duke e Beck apontavam que o formato tradicional parecia não atender de maneira eficaz à comunicação das contribuições do conhecimento produzido na área de Educação e sugeriam que dissertações e teses fossem produzidas em termos de uma coleção de artigos (DUKE; BECK, 1999).

Inspirado em autores como Duke e Beck (1999) e na noção de insubordinação difundida em outros textos acadêmicos, Barbosa (2015) denomina formatos insubordinados de dissertações e teses como aqueles que “rompem com a representação tradicional de pesquisa educacional nestas modalidades de trabalhos acadêmicos” (BARBOSA, 2015, p. 350). Conforme estes autores (DUKE; BECK, 1999; BARBOSA, 2015; GOULD, 2016), a audiência de um trabalho acadêmico monográfico é restrita. Em contrapartida, a apresentação da teses e dissertações (que, por vezes, refiro-me como “relatórios de pesquisa”) como várias obras publicáveis permitem ampliar a circulação do conhecimento produzido, além de auxiliar o desenvolvimento de habilidades que serão exigidas ao candidato a mestre ou doutor no decorrer da prática acadêmica (DUKE; BECK, 1999; BARBOSA, 2015; GOULD, 2016).

<sup>5</sup> No PPGEFHC, em que esse trabalho se insere, a adoção do modelo *multipaper* pode ser observada em diversos relatórios de pesquisa, a exemplo dos trabalhos de Patrícia Petitinga Silva (2017); Graça Luzia Dominguez Santos (2017), Airam da Silva Prado (2014), Andréia Maria Pereira de Oliveira (2010), dentre outros.

<sup>6</sup> O formato tradicional de dissertações e teses apresenta-se amplamente relatado em manuais de estilo acadêmico como o de Lubisco e Vieira (2013) e em livros de metodologia de pesquisa científica como o de Gil (2002). Tal formato é composto de introdução, revisão de literatura, metodologia, resultados e conclusões (DUKE; BECK, 1999).

Tendo vivenciado a experiência de escrever a dissertação em formato tradicional e apoiada nas vantagens apresentadas anteriormente, aceitei o convite à insubordinação realizado por Barbosa e apresentar a tese no formato *multipaper* interligado a elementos que façam alusão ao jogo de tabuleiro elaborado para o desenvolvimento dessa pesquisa. O leitor já pôde perceber que este é um possível formato insubordinado.

Adotando as sugestões propostas por alguns autores (DUKE; BECK, 1999; BARBOSA, 2015), resolvemos:

- (a) incluir uma pesquisa teórica tendo em vista o caráter do trabalho de pesquisa;
- (b) adicionar capítulo introdutório (com a finalidade de apresentar ao leitor aspectos fundamentais sobre a pesquisa), assim como capítulo final em que os resultados relatados nos artigos possam ser retomados e as conclusões sobre o trabalho possam ser pontuadas. Estes elementos podem conferir maior clareza e organização sobre a investigação desenvolvida;
- (c) expor em apêndices complementações ao texto principal que compõe cada artigo, tornando possível tratar certos assuntos com maior profundidade. Esta medida somente foi adotada quando tais complementações não puderam figurar no corpo do próprio texto por limitação do número de páginas de cada artigo, conforme indicação do periódico elencado.
- (d) adiar as submissões dos artigos presentes neste trabalho em revistas da nossa área de concentração. Acreditamos ser de suma importância para a produção de artigos mais consistentes as contribuições dos membros da banca de avaliação desta investigação.

Deste modo, além desta apresentação, os itens que constituem a tese podem ser distribuídos da seguinte forma:

- (1) Capítulo introdutório em que estão explícitas as bases teórico-metodológicas que alicerçam essa pesquisa;
- (2) Material sobre validação de instrumentos – compreende uma série de três artigos abordando o processo e resultados de validação daqueles que se constituem como instrumentos dessa investigação;

- (3) Material abordando o problema de pesquisa – envolve um artigo que aborda algumas questões desdobradas do problema de pesquisa;
- (4) Capítulo final no qual retomo a pergunta norteadora da investigação com a finalidade de (i) sintetizar os resultados relatados nos artigos, (ii) apresentar as conclusões, discutindo as implicações dos resultados da pesquisa para a área de Ensino de Física e de Ensino de Ciências, bem como para a prática pedagógica dos professores, e (iii) apontar as circunstâncias desafiadoras desta pesquisa;
- (5) Referências citadas nesta apresentação, na introdução e no capítulo final, seguidas dos apêndices e anexos.

Com essa estrutura, cada artigo tem um propósito delimitado e possui seu próprio resumo, introdução, revisão da literatura, metodologia, resultados, conclusões e referências, podendo ser publicados separadamente. Porém, embora não exista uma sequência evolutiva na ordem de apresentação dos artigos, os resultados parciais e discussões em cada um deles são essenciais para a condução do resultado final relativo ao objetivo geral da pesquisa.

Faz-se necessário também sinalizar ao leitor que com o intuito de assegurar a independência dos artigos aqui expostos, por mais que busquemos meios de mitigar esse problema, algumas informações inevitavelmente se repetem ao longo dos textos.

Por fim, tendo apresentado as razões que influenciaram na escolha do formato desta tese, como também da estrutura em que está apresentada, gostaria de esclarecer a você, caro leitor, que considerando os distintos objetivos referentes a cada uma das partes que compõem este trabalho, diferentes formas de comunicar o texto foram utilizadas. Deste modo, os artigos e capítulos adicionais encontram-se escritos em uma linguagem formal, considerada como a mais adequada para uma comunicação acadêmica.

Sem mais, espero que os aspectos que permeiam esta investigação estejam suficientemente claros neste trabalho e que, inclusive, a não-linearidade, tão característica do processo de pesquisa, esteja aparente nas linhas que constituem esse texto.

# ← A Partida

## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese

## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico

## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras

## 6 Referências

## Anexos

## Apêndices



“Certamente, ensinar Física é uma arte difícil. No caso do Brasil, parte do problema deriva das condições materiais e culturais nas quais tal ensino ocorre. Existem, por outro lado, dificuldades devido à própria natureza do conhecimento físico”. (ROBILOTTA, 1988, p. 17)

É sabido que o modelo brasileiro de ensino predominante nas salas de aula de Física está pautado na abordagem por transmissão, com foco na manipulação e memorização de equações. Isto provoca a apresentação de uma física pragmática, superficial sob o ponto de vista filosófico, histórico e conceitual, e distante da realidade dos estudantes (PRUDÊNCIO, 2016; HYGINO, 2015). Ou seja, o padrão de ensino está arraigado a práticas aquém das demandas sociais, tecnológicas e ambientais, o que se configura como um descompasso com as vivências cotidianas dos educandos e diretrizes educacionais. Estas últimas apontam para a adoção de metodologias de ensino e de avaliação que visem estimular a iniciativa dos estudantes (BRASIL, 1996) e enfatizem suas capacidades individuais para desenvolver ações que propiciem a consolidação de habilidades e competências sociais, cognitivas, criativas e produtivas (BAHIA, 2015). Em outras palavras, ensinamos uma Física desatualizada, tanto do ponto de vista dos conteúdos ministrados quanto da metodologia empregada, desarticulada da vida do estudante e que estimula uma aprendizagem meramente mecânica (MOREIRA, 2014), impossibilitando que o aluno se empodere do conhecimento científico produzido no contexto escolar.

Com isso, não queremos atribuir as falhas no processo a um único sujeito (no caso, o professor). Isto seria no mínimo ingênuo, visto que, de modo geral, fenômenos educacionais apresentam natureza complexa e multidimensional, envolvendo as dimensões cognitiva, emocional, social, dentre outras. Ao encontro do que Duit (2007) afirma, Amantes (2009) reconhece que o conhecimento científico escolar, além de ser constituído de regras, significados e linguagem próprios (portanto, distintas da linguagem do senso comum), possui natureza conceitual, subtende vínculos com outras áreas do conhecimento, está associado às habilidades de pensamento lógico e sistêmico, e à capacidade de abstração<sup>7</sup>. Esta

<sup>7</sup> A abstração é considerada como um processo que envolve níveis mais sofisticados do pensamento (GRAY; TALL, 2007). Embora a capacidade de abstração seja requerida na construção do entendimento de conceitos científicos, ela não pertence apenas a este tipo de conhecimento. Ela subtende processos ascendentes fundamentais para o desenvolvimento do entendimento generalizado, seja qual for o domínio do conhecimento.

capacidade de relacionar seus atributos a outros se faz necessária em processos de generalizações conceituais e na construção de um entendimento mais geral sobre uma teoria. Tais características complexificam a aprendizagem de conteúdos científicos no âmbito escolar.

Com o propósito de intermediar o diálogo entre estudantes e o conhecimento científico escolar, propostas de inovação no campo das Ciências vêm sendo discutidas sob a perspectiva do ensino de conteúdos formais. Algumas delas vêm ganhando espaço nas pesquisas educacionais, a exemplo das práticas pedagógicas de natureza lúdica.

Contudo, embora tenha aumentado o interesse de pesquisadores sobre tais ferramentas nos últimos anos, segundo Cunha (2012), as investigações produzidas restringem-se, em geral, à descrição de atividades para sala de aula (como jogos, por exemplo) e à análise sobre a percepção dos estudantes sobre tais atividades, apresentando pouco aprofundamento teórico sobre o tema, conforme também indicam Neto e Moradillo (2013).

No caso de jogos didáticos, em particular, estes podem ser considerados como recursos de caráter lúdico que podem atender tanto às demandas previstas nas orientações educacionais, quanto estreitar o abismo que ainda tende a ocorrer quando consideramos as abordagens de ensino, os materiais didáticos e as atividades recorrentes na vida dos estudantes. Se bem fundamentados pedagogicamente, estes instrumentos são capazes de desenvolver habilidades cognitivas que podem conduzir o estudante ao estabelecimento de relações mais abrangentes e criativas, facilitando a interiorização de conteúdos disciplinares mais abstratos (CUNHA, 2012).

Deste modo, o jogo pode servir como instrumento motivador para a aprendizagem de conhecimentos científicos, à medida que desperta o interesse do estudante (MACEDO, PETTY E PASSOS, 2005), bem como propiciar o desenvolvimento de atributos que permeiam a construção do conhecimento, tais como:

- Desenvolvimento sensório-motor;
- Rapidez e raciocínio lógico;

- Criatividade e curiosidade<sup>8</sup>;
- Socialização, dentre outros.

Soares (2008) associa os jogos a atividades que implicam no prazer, no divertimento, na liberdade e na voluntariedade. Estes devem conter um sistema de regras claras e explícitas e um lugar delimitado onde se possa agir. Entretanto, de acordo com Cunha (2012), há que se diferir entre os tipos de jogos, aquele que atende às necessidades escolares, uma vez que existem especificidades que distinguem, por exemplo, jogo educativo de jogo didático.

Esta diferença está centrada nas funções relativas a cada uma dessas atividades. Pode-se dizer que o jogo educativo equilibra a função lúdica (prazer, diversão) e a educativa (relacionada à apreensão de conhecimentos gerais, habilidades e saberes), enquanto que um jogo didático pressupõe o ensino de conceitos e/ou conteúdos disciplinares, organizados conforme regras e atividades programadas pelo professor (CUNHA, 2012). Isto é, os jogos didáticos referem-se à aprendizagem de conteúdos tipicamente escolares, não sendo uma atividade totalmente livre e descomprometida, mas uma atividade intencional e orientada pelo professor (CUNHA, 2012). Diante disso, é possível dizer que todo jogo didático é educativo, mas nem sempre o jogo educativo é didático.

Na produção literária acadêmica, em geral, pesquisas abordam jogos didáticos sob duas perspectivas: (i) do ponto de vista das vantagens socioemocionais e cognitivas com a utilização destes recursos pedagógicos no contexto escolar (SABKA; JÚNIOR; PEREIRA, 2014; ALVES, 2013, SOARES, 2008); (ii) como proposta didática (CUNHA, 2012; SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2014). As pesquisas que tratam jogos didáticos sob o aspecto de propostas didáticas apresentam uma descrição da ferramenta lúdica, abarcando elementos que permitem a replicabilidade do material em salas de aula, e relato da situação de ensino durante a aplicação do instrumento.

Nesse sentido, é possível observar carência de estudos sistemáticos que tragam à luz informações e/ou diretrizes sobre como os estudantes aprendem com

<sup>8</sup> Para Dewey (1979), a curiosidade é um “fator básico de ampliação da experiência” (DEWEY, 1979, p. 45). Resume-se às tendências dirigidas ao exterior para estabelecer novos contatos, que buscam novos objetos e que se diferenciam em níveis ou graus. Tais níveis evoluem conforme o desenvolvimento cognitivo do indivíduo, assumindo em seu último grau um caráter indubitavelmente intelectual quando um objetivo controla uma sequência de investigações e observações. Esse interesse em descobrir, por si, a resposta para interrogações que emergem do contato com as pessoas e as coisas tem sido pouco explorado no contexto educacional.

os jogos, quais características dos jogos favorecem a instrução<sup>9</sup> e quais favorecem o engajamento, qual a eficácia da ferramenta para aprendizagem de conteúdos científicos e como eles devem ser utilizados enquanto estratégia pedagógica, indicando aspectos ou condições que sejam favoráveis e desfavoráveis ao uso do jogo didático no contexto escolar.

No campo profissional, a utilização e construção de jogos são vistas como estratégias metodológicas que contribuem para o desenvolvimento dos sujeitos diretamente envolvidos no contexto de sala de aula: discentes e docentes (BRASIL, 2002). De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ Ensino Médio, os jogos auxiliam no processo de aprendizagem de conteúdos tipicamente escolares e permitem o desenvolvimento de habilidades no âmbito da comunicação, das relações interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, a partir das possíveis situações de cooperação e competição em um contexto formativo, favorecendo o desenvolvimento espontâneo e criativo dos educandos (BRASIL, 2002). Sob a perspectiva docente, a prática lúdica favorece a ampliação do conhecimento de técnicas ativas de ensino, oferecendo condições para que este profissional modifique as formas de se relacionar com o conteúdo escolar e com os estudantes, seu público alvo.

Ainda que sejam apontadas vantagens para o uso de jogos didáticos ou outras metodologias alternativas no ambiente escolar, algumas pesquisas citam resistência por parte dos professores e/ou gestores quanto à adoção de novas ações (GARCEZ; SOARES, 2017). Diversos estudos vêm tratando a resistência dos professores à inovação, apontando inclusive possíveis fatores que podem desencadear este comportamento (LEAL; MORTIMER, 2008).

Com a finalidade de avaliar a concepção e a receptividade quanto à utilização de jogos didáticos no contexto educacional, foi realizada pesquisa diagnóstica em uma escola pública estadual localizada na cidade de Salvador/Bahia, que seria um dos contextos desta investigação. Um questionário foi aplicado a 20 professores e

<sup>9</sup> Entendemos, aqui, instrução educacional como uma ação didática voltada para o ensino de conteúdos tipicamente escolares.

57 estudantes<sup>10</sup>, cursando o Ensino Médio. Os resultados desta etapa preliminar permitem levantar os seguintes indícios (AGUIAR; AMANTES, 2014):

- (1) Ao contrário do que afirma Garcez e Soares (2017), de maneira geral, tanto professores quanto estudantes se mostraram receptivos ao emprego de jogos didáticos nas salas de aula. De acordo com os sujeitos, tais ferramentas podem ser utilizadas como instrumento para aprofundar conhecimentos específicos de conteúdos disciplinares, o que implica que este recurso não é concebido somente em seu aspecto lúdico ou motivacional, mas, principalmente, como ferramenta de caráter instrucional;
- (2) Para os estudantes, os componentes curriculares que seriam melhor aprendidos a partir do uso deste recurso são aqueles que compõem a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias (com ênfase para Física e Matemática);
- (3) Algumas dificuldades quanto à implementação deste tipo de material didático foram indicadas por ambas as categorias de sujeitos que constituíram a amostra pesquisada, a citar: (a) o tempo de aplicação e planejamento da atividade; (b) a postura dos estudantes durante a aplicação da atividade (comportamentos e tensões interpessoais). Além dessas razões, os professores também sinalizaram como dificuldades: (a) falta de estrutura escolar; (b) tempo de planejamento da atividade; (c) suas habilidades para utilizar e conduzir a atividade. Esta última, conforme indicado por Huberman (1976 apud LEAL; MORTIMER, 2008), parece ter relação com a ausência de processo formativo com vistas à inovação.
- (4) Embora os estudantes tenham externalizado receio de que o jogo pudesse produzir falhas na aprendizagem de conteúdos formais, a maioria deles compreende esta ferramenta como uma nova metodologia de ensino que poderia auxiliá-los na construção de conhecimento de forma descontraída e prazerosa.

<sup>10</sup> A título de caracterização da amostra, 20 sujeitos que compuseram o corpo docente atuavam nas seguintes áreas de conhecimento: 6 professores pertencem à área de Ciências Humanas e suas tecnologias, 9 à área de Linguagens, Códigos e suas tecnologias e 5 à área de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Os 57 membros do corpo discente estavam matriculados nas 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> Séries do Ensino Médio.

Tais resultados aliados às lacunas teóricas mencionadas anteriormente marcam a relevância para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo jogos didáticos que abordem conteúdos de Ciências da Natureza, visto que esta área de conhecimento parece profícua à prática pedagógica lúdica.

Com base nas orientações presentes nos documentos educacionais, do panorama educacional vigente e das demandas no campo investigativo, emerge um projeto de pesquisa cujo objeto de estudo é a aprendizagem de conteúdos científicos a partir de jogos didáticos, buscando focalizar potencialidades e limitações da ferramenta lúdica que transcendem o caráter motivacional e lúdico inerentes a estes recursos.

## **2.1 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA**

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”. (Carl Sagan)

De acordo com Bruner (1976), para aprender é importante considerar a maneira como as informações são trabalhadas pelo professor. Há muito anos, estas informações foram hegemonicamente tratadas no contexto educacional sob o ponto de vista verbal (MORENO; MAYER, 2007). Pesquisas indicam, entretanto, que o uso de múltiplas representações é útil tanto para a aprendizagem de conceitos científicos, como para a resolução de problemas (SOLAZ-PORTOLÉS; SANJOSÉ, 2008). Uma abordagem que combine diferentes modos (verbal e não-verbal) de representações do conteúdo é denominada como multimodal (MORENO; MAYER, 2007).

Com base nessa abordagem, a hipótese que orienta essa pesquisa é que a utilização de jogos didáticos, pedagogicamente fundamentados, pode favorecer a aprendizagem de conceitos científicos tipicamente escolares. Dessa forma, pretendemos averiguar: Em que medida o jogo didático contribui na aquisição de conhecimentos científicos no contexto de uma intervenção pedagógica fundamentada no uso desta ferramenta e de um estudo dirigido?

A partir dessa questão de pesquisa, decorrem outras quatro perguntas mais específicas que orientam a condução da investigação:

(a) Há indícios de aprendizagem dos conceitos envolvidos no fenômeno físico em estudo durante uma intervenção pedagógica?

(b) O jogo didático elaborado para o ensino do fenômeno físico elencado possui caráter instrucional, assim como o estudo dirigido?

(c) Quais preditores influenciaram a aprendizagem dos sujeitos sobre os conteúdos científicos trabalhados durante a intervenção educacional?

Tendo em vista o exposto, o objetivo geral desta pesquisa é investigar a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos científicos a partir da interação com dois materiais didáticos de naturezas distintas: o jogo didático e estudo dirigido.

Como, até o momento, não temos exata medida sobre as limitações e potencialidades do jogo didático (JD) enquanto recurso para o ensino de Física, o estudo dirigido (ED) é essencial tanto para o desenho de pesquisa como para a intervenção educacional, uma vez que ele corresponde, em determinado momento da nossa análise, o nosso caso controle. Isto significa que o planejamento quantitativo de pesquisa é classificado como quase-experimental,

Deste objetivo geral, desdobram-se os seguintes objetivos específicos:

(1) Avaliar o entendimento dos alunos em momentos distintos de uma intervenção com aporte no uso de um JD previamente elaborado;

(2) Comparar a aprendizagem dos alunos no contexto da intervenção;

(3) Identificar possíveis preditores que possam influenciar a aprendizagem dos conceitos envolvidos no fenômeno em estudo.

Assim, em se tratando de uma pesquisa que incorpora a perspectiva pedagógica e acadêmica, acreditamos que os resultados obtidos a partir desta investigação permitem (i) sistematizar parâmetros para utilização de jogos didáticos em sala de aula, fornecendo apontamentos sobre a aprendizagem dos alunos e informações que possibilitem fundamentar outros materiais didáticos, além de (ii) produzir uma potencial ferramenta que favoreça a aquisição de conhecimentos científicos.

## 2.2 O QUADRO TEÓRICO

Este tópico aborda os alicerces teóricos que sustentam essa pesquisa. Tais fundações repousam sobre dois temas principais: (a) aprendizagem; (b) concepções sobre jogos didáticos.

O primeiro deles pressupõe um processo contínuo e dinâmico de evolução do entendimento, que sofre influência de fatores situacionais e individuais. Enquanto que o segundo tema está associado a um conceito polissêmico no qual aspectos lúdicos e pedagógicos deveriam, a princípio, assumir o mesmo nível de importância/valor dentro da proposta de elaboração da ferramenta didática.

A seguir, enfocamos a questão que envolve o desenvolvimento do entendimento, buscando explicitar elementos que sustentam nossas interpretações, tendo como base a perspectiva teórica adotada nesta pesquisa.

### 2.2.1 SOBRE A EVOLUÇÃO DO ENTENDIMENTO

A Ciência Cognitiva nasce entre meados do século XX com o desenvolvimento cibernético aplicado ao processamento cognitivo e através da ruptura com teorias behavioristas (MILLER, 2003). Dentre os cognitivistas, encontra-se um epistemólogo que dedicou parte dos seus estudos ao entendimento de como o conhecimento é construído (FERRACIOLO, 1999) e que influencia, até os dias atuais, pesquisadores sobre desenvolvimento cognitivo: Jean William Fritz Piaget (1896-1980).

Tais pesquisadores que construíram suas abordagens com base em concepções piagetianas, denominados neo-piagetianos, concebem o desenvolvimento cognitivo a partir de estruturas cognitivas que evoluem em complexidade sobre influência de fatores endógenos e externos ao indivíduo, como a maturidade, familiaridade com o tema, contexto, cultura, suporte social, dentre outros (FISCHER, 2006; FISCHER, 1980).

A evolução de estruturas cognitivas é mediada pela interação entre maturidade e a experiência em um processo cíclico (KNIGHT; SUTTON, 2004) não-linear e dinâmico, demarcado por fases de equilíbrios e desequilíbrios, progressos e retrocessos do entendimento (FISCHER, 1980).

Nesta investigação, interpretamos entendimento como um traço latente dinâmico, assim como diversas outras variáveis comportamentais, a citar habilidades, atitude, motivação, dentre outras. Isto significa que ele é concebido como um atributo que (i) se modifica com o tempo e (ii) não pode ser acessado diretamente, de modo que variáveis observáveis<sup>11</sup> nos darão indícios de seu estado a partir da articulação de um conjunto de habilidades mobilizadas em ações.

Alguns neo-piagetianos (FISCHER, 1980; COMMONS, 2008) classificam o processo ascendente de desenvolvimento em termos de níveis ou estágios cognitivos. Subtende-se que níveis cada vez mais abstratos, mais complexos cognitivamente, constroem-se a partir de níveis menos complexos de entendimento (FISCHER, 1980). Desta forma, o desenvolvimento de um entendimento cada vez mais complexo é mediado por sucessivas elaborações e reestruturações de um entendimento pré-existente (FISCHER, 2006) produzido através de contínuas interações entre o sujeito e o objeto (FERRACIOLO, 1999; KNIGHT; SUTTON, 2004).

Nosso arcabouço teórico está ancorado em uma teoria neo-piagetiana de desenvolvimento cognitivo denominada por Teoria de Habilidades Dinâmicas (THD). Nela, Fischer incorporou, às concepções piagetianas, fatores contextuais para analisar a maneira pela qual os estudantes progridem gradualmente o entendimento (KNIGHT; SUTTON, 2004; AMANTES, 2009; PARZIALE; FISCHER, 2009).

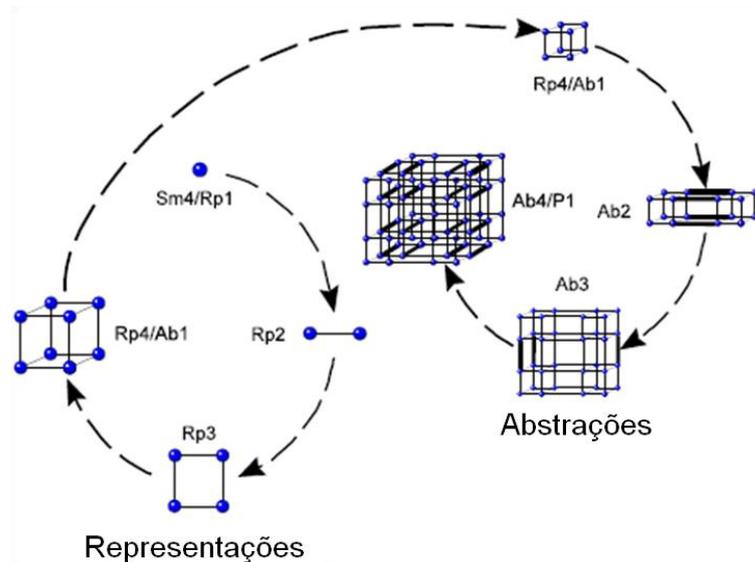
Essa progressão ocorre em níveis de desenvolvimento cognitivo que percorrem, pelo menos, três camadas desde o início da infância até a idade adulta (FISCHER, 2006), avançando em uma série crescente de complexidade do sensório-motor, para representação e desta camada para a abstração (FISCHER, 1980; 2006).

Cada ciclo ou camada pode ser formado por até quatro níveis. No primeiro nível, o sujeito inicialmente controla uma única unidade seja ela uma ação, representação ou abstração (FISCHER, 1980). Em seguida, ele relaciona pelo menos duas dessas unidades para formar um mapa de ações, representações ou abstrações. No terceiro nível, o indivíduo coordena pelo menos dois mapas para

<sup>11</sup> De acordo com Golino e Gomes (2015b), a distinção entre variáveis latentes e observáveis é de caráter epistemológico, uma vez que variáveis latentes são definidas como “construtos teóricos não diretamente observáveis” (GOLINO, GOMES, 2015b, p. 116). Deste modo, infere-se a variável latente a partir da variável observada.

formar um sistema. Finalmente, no quarto nível de uma camada, ele integra pelo menos dois sistemas, formando um sistema de sistemas, que gera um novo tipo de unidade. Essa nova unidade gera o nível de menor complexidade em uma nova camada. Isto significa que sistema de sistemas de ações gera o primeiro nível na camada das representações, do mesmo modo em que sistema de sistemas de representações gera o primeiro nível na camada das abstrações e, por conseguinte, sistema de sistemas de abstrações gera a camada dos princípios<sup>12</sup>.

Fischer (2006) apresenta a Figura 1 para ilustrar um trecho desse processo a partir da metáfora de blocos de construção, em que à medida que o sujeito progride cognitivamente vão sendo criadas estruturas cada vez mais sofisticadas, conforme o nível de complexidade.



**Figura 1.** Ciclos de desenvolvimento para níveis de duas das três camadas: representações e abstrações<sup>13</sup>.

Fonte: Adaptado de Fischer (2006)

Essa estrutura revela um Modelo de Complexidade Hierárquica no qual níveis hierárquicos de maior complexidade são obtidos a partir de recursivas interações coordenadas em níveis hierárquicos de complexidade inferiores (COMMONS, 2008).

<sup>12</sup> De acordo com Fischer (2006), não há evidências de novos níveis além daquele de menor complexidade na camada dos princípios.

<sup>13</sup> Para auxiliar a compreensão, considere cada nível que constitui uma camada como sendo  $N_i$ , tal que  $N = Sm$  (ação),  $Rp$  (representação) ou  $Ab$  (abstração) e  $i = 1$  (unidade única), 2 (mapa), 3 (sistema), 4 (sistema de sistemas).

Deste modo, um novo entendimento é construído através de sucessivas iterações sobre um quadro referencial precedente, no qual se subtece a combinação, composição e relação entre habilidades de naturezas distintas (FISCHER, 2006). Isso porque ao aprender, mobilizamos diferentes habilidades para relacionar os conteúdos e interpretar os significados, de maneira que novos elementos sejam incorporados a um entendimento pré-existente (AMANTES, 2009). Para essa autora, um indivíduo constrói o entendimento sobre determinado conceito a partir de um conjunto de condições, tais como a instrução, as relações que estabelece com outros conteúdos, a sua própria ação sobre o objeto de conhecimento e diversas outras situações.

Nessa pesquisa, a aprendizagem é concebida como um processo não-linear de evolução do entendimento que demanda relações e diferenciações de elementos que constituem o objeto em estudo, em meio a um caminho determinado por fatores situacionais, dentre eles o suporte contextual.

Outro possível fator que sofre interferência do contexto (CHRISTENSON; THURLOW, 2004 apud FURLONG; CHRISTENSON, 2008) e influencia a construção do entendimento é o engajamento (FURLONG; CHRISTENSON, 2008; COELHO; AMANTES; 2014). Este construto multidimensional integra pensamentos, sentimentos e comportamentos dos estudantes. Segundo Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004), cada um destes enfoques está associado a uma das distintas dimensões deste construto, são elas: cognitivo, comportamental e emocional.

Considerando o exposto, os fatores contextuais<sup>14</sup> assumem um papel fundamental no cerne de teorias neo-piagetianas (KNIGHT; SUTTON, 2004), inclusive à Teoria de Habilidades Dinâmicas, sendo, neste caso, atribuído o mesmo valor a estes fatores e a aspectos relativos ao sujeito no processo de aprendizagem (FISCHER, 1980; AMANTES, 2009; COELHO, 2011).

Neste sentido, estudantes podem apresentar caminhos de aprendizagem distintos em função do suporte contextual (RAPPOLT-SCHLICHTMANN *et al.*, 2007). Caso os educandos recebam uma grande quantidade de suporte contextual (ou seja, materiais familiares, oportunidades de prática, análise e interação com

<sup>14</sup> Vale destacar que, diferentemente de teorias com aporte em concepções Vygotskianas, aqui, o contexto não é fator constitutivo, mas sim um elemento interveniente.

outros sujeitos mais habilidosos), provavelmente, eles poderão operar em ou perto de seus níveis ideais (KNIGHT; SUTTON, 2004).

Dentre as formas de suporte contextual, a interação com outros sujeitos que apresentam níveis de entendimento diferentes é considerada vital para a aprendizagem pela maioria dos neo-piagetianos: um ambiente co-construtivo em que um sujeito mais experiente fornece “*scaffolding*” para que indivíduos possam realizar uma tarefa, auxiliando-os a operar em determinados níveis de complexidade que não atingiram sozinhos naquele momento. Essa situação reflete o fato de que conteúdos e organização de estruturas cognitivas variam entre diferentes sujeitos (FISCHER; KNIGHT; VAN PARYS, 1993) - independentemente de terem a mesma idade - o que demarca, portanto, diferenças nas vias de desenvolvimento cognitivo a partir de sequências complexas de habilidades hierárquicas.

Tendo em vista esta estrutura teórica, a THD nos parece promissora para compreender sistematicamente como a cognição se desenvolve, bem como apontar direcionamentos sobre como estruturar e apoiar os estudantes em seu processo de aprendizagem, a partir do estabelecimento de marcadores que avaliam a evolução do entendimento, de habilidades ou de qualquer outro traço latente que evolua temporalmente.

Neste sentido, embora não se possa afirmar que um indivíduo tenha atingido um estágio do pensamento formal a partir apenas do conhecimento declarativo, pode-se obter algum indício dos diferentes níveis de entendimento alcançados a partir da conjugação entre a expressão verbal e a aquisição de habilidades específicas (AMANTES, 2005). Isto é, quanto maior o repertório de tarefas e abordagens com naturezas distintas, mais diversificadas serão as manifestações do estado deste construto. Para Commons (2008), uma das formas de acessar indícios do estado de articulação desse entendimento é através das características das respostas<sup>15</sup> que os alunos apresentam ao realizar diferentes tarefas<sup>16</sup>.

Isto posto e tomando como base a Teoria de Habilidades Dinâmicas e Modelos de Complexidade Hierárquica, é possível propor uma taxonomia para

<sup>15</sup> Tais repostas podem ser expressas tanto de maneira declarativa, como por aspectos procedimentais, que quando avaliadas em conjunto, são capazes de fornecer elementos mais precisos para interpretar o processo de aprendizagem (AMANTES; OLIVEIRA, 2012)

<sup>16</sup> Segundo Commons *et al.* (2014), uma tarefa pode ser definida como um conjunto de ações requeridas em prol de um objetivo, embora não haja, a princípio, garantia de que as ações executadas venham completar uma dada tarefa.

avaliar o entendimento dos estudantes relacionados aos conteúdos formais, semelhante à aquelas realizadas por pesquisadores como Dawson-Tunik (2006), Amantes (2009), Coelho (2011), Castro (2017) e Xavier (2018) em trabalhos anteriores.

A primeira construiu um sistema categórico, fundamentado em perspectivas neo-piagetianas, chamado por LAS (*Lectical Assessment System*) com a finalidade de determinar o nível de desenvolvimento de entendimentos em qualquer domínio de conhecimento. A partir deste sistema de análise, Dawson-Tunik (2006) se propõe a investigar o entendimento de estudantes sobre o conceito de energia. Os resultados desta pesquisa sugerem que, para os estudantes entenderem adequadamente o conceito de energia, eles devem operar em níveis de mapeamentos abstratos, de acordo com a Teoria de Habilidades Dinâmicas, sendo necessário, primeiro, o desenvolvimento de elementos que constituem esse conceito científico em níveis inferiores, segundo uma escala hierárquica de complexidade.

Amantes (2009) utiliza um sistema de categorias de conteúdo para avaliar a aprendizagem de estudantes sobre conteúdos relacionados ao funcionamento da televisão. As categorias elaboradas envolvem dois aspectos: os conteúdos científicos em si e o nível de complexidade com o qual esses conteúdos podem ser avaliados. Os resultados mostraram que os alunos progrediram de forma diferenciada ao longo da instrução, visto que apresentaram perfis de entendimento distintos. Este fato corrobora um dos pressupostos da Teoria de Habilidades Dinâmicas explicitado neste tópico: o conteúdo e a organização das estruturas cognitivas variam entre indivíduos (FISCHER; KNIGHT; VAN PARYS, 1993).

Coelho (2011) procurou investigar a evolução do entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos de eletricidade e identificar se fatores contextuais como o sexo, a turma, curso, o nível socioeconômico e o estado de engajamento do estudante auxiliam na explicação desta evolução. O sistema categórico elaborado também se baseou na complexidade hierárquica. A partir da análise dos dados oriundos das respostas dos estudantes a um conjunto de tarefas, verificou-se progresso no entendimento dos conceitos de eletricidade, embora os estudantes tenham apresentados padrões evolutivos diferenciados. Este resultado também confirma pressupostos da TDH. De acordo com o autor, o estado de engajamento cognitivo constituiu o principal fator a explicar tais diferenças evolutivas.

Assim como essas pesquisas sinalizadas, um dos procedimentos metodológicos elencados nesta investigação compreende a elaboração de um sistema categórico para analisar o entendimento dos estudantes sobre conteúdos de Física de Fluidos, quando os mesmos são submetidos a uma intervenção educacional que utiliza um jogo didático e estudo dirigido como ferramentas de ensino. Discussões mais profundas sobre a taxonomia elaborada para este trabalho serão abordadas em artigo que envolve a validação do banco de itens (ARTIGO 3).

### 2.2.2 SOBRE JOGOS DIDÁTICOS

O ato de jogar está presente em nossas vidas desde crianças até a fase adulta e possui papel fundamental sob o ponto de vista de sua função social, enquanto elemento cultural e histórico (HUIZINGA, 1990; RIEBER; NOAH, 2008). Embora jogar seja uma prática social extremamente antiga, o termo “jogo” carrega em si características polissêmicas que tornam a sua definição ainda pouco consensual. Não é incomum o tratamento de jogos e brinquedos como sinônimos, por exemplo (UNESCO, 1988; SOARES, 2004). Huizinga (1990) define jogo como

“uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da ‘vida cotidiana’”. (HUIZINGA, 1990, p. 33)

Esta definição encontra consonância com aquilo que entendemos como jogo. Note que ela transcende a ideia de objeto e vincula-se fortemente à existência de um sistema de regras que organiza a interação entre o recurso e os jogadores. Este sistema de regras ancora outras definições de jogos presentes na literatura (RIEBER; NOAH, 2008; MACEDO; PETTY, PASSOS, 2005; BONTCHEV; VASSILEVA, 2010). Esta característica é o que determina a diferença entre jogo e brinquedo. Ou seja, não existem regras que organizem a utilização do brinquedo, tampouco objetivos predefinidos (KISHIMOTO, 1994; MACEDO; PETTY, PASSOS, 2005).

Para Rieber e Noah (2008) este conjunto de regras pode ser definido de forma completamente arbitrária, porém, assim como para Huizinga (1990), elas são absolutas. Além de regras previamente definidas, Rieber e Noah (2008) elencam a

competição como um elemento dos jogos. Regras e algum nível de concorrência podem influenciar no desenvolvimento do jogo, visto que tais elementos podem mobilizar sentimentos no sujeito que venham a interferir em atributos como atenção, engajamento, motivação, dentre outros. Para Macedo, Petty e Passos (2005), alegria, medo, perseverança, frustração, entusiasmo, raiva e ansiedade são expressões de sentimentos decorrentes do contato com o jogo.

Neste sentido a UNESCO (1988), concebe o jogo como

“meio de agir contra a agressão; como meio de aprender habilidades básicas de sobrevivência (como também é observável no reino animal); como meio de aprender o comportamento social (jogos competitivos e cooperativos), bem como meios comumente aceitos para relaxamento” (UNESCO, 1988, p. 7, tradução nossa)

Essa concepção aponta para o jogo como veículo para a aprendizagem de habilidades gerais. Tal concepção é adotada por outros pesquisadores, a citar, Prensky (2007) que defende que, ao jogar, crianças desenvolvem habilidades que serão requeridas ao longo das suas trajetórias de vida – da infância à fase adulta. Para este autor, os jogos possuem algumas importantes características (PRENSKY, 2007):

- (1) provocam prazer e emoções durante o processo, satisfazendo inclusive o ego de jogadores por estados de vitória;
- (2) fortalecem a criatividade através de situações que envolvem conflitos, competições e resolução de problemas desafiadores;
- (3) usam regras e estabelecem metas;
- (4) são interativos.

De modo geral, os jogos são eficazes em atrair atenção e reter o interesse do jogador e podem ser simultaneamente lúdico<sup>17</sup> e educativo. Isto significa que o uso destes materiais no contexto educacional pode ser útil quando integrado a uma abordagem de ensino pautada no pluralismo metodológico, uma vez que quanto mais plural for o ambiente de ensino fornecido pelo professor, maiores serão as possibilidades de aprendizagem (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003).

<sup>17</sup> A ideia de experiência lúdica (ou ludicidade), adotada nesta pesquisa, está relacionada à interação que se estabelece entre o sujeito e o objeto (RAMOS; FERREIRA, 2004). Portanto, o olhar sobre a experiência lúdica é subjetivo por ser essencialmente individual.

Nos últimos anos, diferentes investigações vêm sendo desenvolvidas focalizando jogos educacionais (MARQUÉS, 2016; SABKA, JÚNIOR; PEREIRA, 2014; SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2014; SILVA, 2014; ALVES, 2013; BACKLUND; HENDRIX, 2013; CUNHA, 2012; CHOW; WOODFORD; MAES, 2011; BONTCHEV; VASSILEVA, 2010; SOARES, 2008; RIEBER; NOAH, 2008; PRENSKY, 2007). Uma parcela significativa destas pesquisas versa sobre aspectos motivacionais associados ao uso de jogos no ambiente escolar, deixando a margem discussões sobre como os estudantes aprendem a partir da interação com estes recursos. Rieber e Noah (2008) apontam lacunas que dizem respeito ao entendimento sobre a maneira pela qual características cognitivas e afetivas, manifestadas no contexto de uma intervenção educacional baseada em jogos, contribuem para a aprendizagem. Silva (2014) indica a necessidade de estudos empíricos mais robustos e aplicados ao contexto de uma sala de aula real, levando em consideração as particularidades e dificuldades das escolas.

De acordo com Puentedura (2012) e Prensky (2007), um dos desafios das pesquisas que envolvem jogos educacionais reside no levantamento de parâmetros que definam um bom design de jogos para ser incorporado tanto no processo de elaboração da ferramenta didática como em abordagens de ensino baseadas em jogos. Para Puentedura (2012), se um jogo é pedagogicamente mal projetado as conquistas obtidas a partir da interação com o recurso são mais arbitrárias ou relacionadas à persistência do jogador, do que intrinsecamente ligadas à aquisição de habilidades.

Uma das razões que pode justificar o interesse em estudos sobre jogos educacionais é o avanço tecnológico que vem trazendo os jogos digitais (*games*) para o centro do debate sobre aprendizagem baseada em jogos (GBL - *Games-Based Learning*). Pesquisas que avaliam o uso desta abordagem em sala de aula têm apontado evidências sobre o aumento na *performance* de estudantes no que tange a aprendizagem de conceitos abstratos, motivação, interesse e atitude frente ao programa escolar (LI; TSAI, 2013; LIU, 2014; DIVJAK; TOMIĆ, 2011). De acordo com Liu (2014), o princípio básico da GBL reside na possibilidade de motivar o estudante a aprender a partir de um processo divertido. Tal motivação, segundo o autor, desempenha papel fundamental na aprendizagem e é considerado como um preditor desta (LIU, 2014).

A despeito de serem virtuais ou concretos, os jogos em sala de aula possibilitam estimular habilidades cognitivas, que podem conduzir o estudante ao estabelecimento de relações mais abrangentes e criativas facilitando a interiorização de conteúdos muitas vezes abstratos para o aluno (CUNHA, 2012).

Como dispositivos pedagógicos, os jogos podem ser úteis para o: (i) tratamento conceitual de conteúdos científicos, (ii) estímulo à motivação e interesse dos estudantes, (iii) encorajamento ao comportamento criativo e (iv) desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais.

Faz-se necessário sinalizar aqui que não defendemos a ideia de que o resultado da aprendizagem mediada pela interação com essa ferramenta de natureza lúdica dependa unicamente das suas características, mas de uma gama de fatores que perpassam pela adoção de uma pedagogia apropriada, da mecânica, estética e dinâmica do jogo e da maneira como o conteúdo é integrado a este recurso. Segundo Li e Tsai (2013), princípios pedagógicos sozinhos não podem constituir um interessante e atraente jogo que motiva as pessoas a jogarem.

Para Backlund e Hendrix (2013), jogos educacionais são jogos sérios. Embora o conceito de jogos sérios (em inglês, *serious games*) venha sendo designado mais fortemente para jogos educacionais eletrônicos, esses autores utilizam este termo de uma forma mais ampla para referir-se à ideia de jogos projetados especificamente para fins além do puro entretenimento. De fato, atualmente existem muitas definições e classificações de jogos educacionais.

Segundo Cunha (2012), os jogos educacionais podem ser classificados em educativos e didáticos. A linha que separa essas duas classes é tênue. Conforme essa autora, os jogos educativos tendem a equilibrar a função lúdica e a educativa, sendo que a função educativa compreende a possibilidade de apreensão de habilidades e conhecimentos (não necessariamente escolares). Os jogos didáticos pressupõem o ensino de conceitos e/ou conteúdos tipicamente escolares. Portanto, correspondem a uma ferramenta de apoio ao ensino, utilizada no contexto escolar e constituída por atividades programadas intencionalmente pelo professor, não sendo totalmente livres<sup>18</sup> e descomprometidas (CUNHA, 2012). Em outras palavras, todo jogo didático também é um jogo educativo, entretanto nem todo jogo educativo é um

<sup>18</sup> O fato de não serem atividades totalmente livres, contradiz tanto a definição de jogo proposta por Huizinga (1990), quanto o pressuposto de que o jogo deve ser jogado voluntariamente. Isto institui um paradoxo, de acordo com Soares (2004).

jogo didático. O desequilíbrio de qualquer das dimensões que constituem o jogo didático (a função lúdica e a pedagógica) provoca duas situações: (i) ou não há ensino, existindo somente jogo; (ii) ou a função pedagógica se sobrepõe ao caráter lúdico.

Chow, Woodford e Maes (2011) relacionam jogos educacionais à capacidade geral de processar informações e tomar decisões lógicas. Para esses autores, proporcionar atividades e ambientes de aprendizagem alternativos pode aprimorar a compreensão e a retenção dos conhecimentos pelos alunos (CHOW; WOODFORD; MAES, 2011).

Macedo, Petty e Passos (2005) defendem a utilização de jogos educacionais no contexto escolar fundamentados na justificativa de que recursos dessa natureza favorecem o aprendizado pelo erro e estimula a exploração e resolução de problemas, criando um ambiente adequado para que o aprendiz investigue, teste suas hipóteses e analise as informações com vista à solução dos conflitos postos.

Dentre os diversos tipos de jogos educacionais (cartas, *quizz*, *puzzels*, dentre outros), os jogos de tabuleiro são aqueles que apresentam poucas limitações quanto ao seu uso e, na maioria das vezes, são jogados por dois ou mais jogadores, permitindo que os participantes aprendam mutuamente (BONTCHEV; VASSILEVA, 2010). Prensky (2007) considera a maioria dos jogos de tabuleiro como mini-games, pois estes jogos são jogados em até 2h de duração, raramente englobam dilemas éticos, normalmente oferecem um único desafio, dentre outras características (PRENSKY, 2007). Em alguns grupos específicos destes jogos, personagens são manipulados sobre uma superfície como se estivessem em uma corrida ao longo de um caminho delimitado por dois pontos: partida e chegada (jogo de trilha).

Para Marqués (2016), a maioria dos jogos de tabuleiro sobre Física pode ser agrupado em três categorias principais (MARQUÉS, 2016): (i) ferramentas pedagógicas utilizadas para a popularização da Ciência; (ii) simulações detalhadas de processos complexos; (iii) jogos de tabuleiro com um tema específico. Segundo este autor, nos jogos temáticos, os designers tentam abstrair os eventos que eles querem recriar em poucas e simples regras. Essa abstração geralmente requer escolhas mais ou menos arbitrárias e simplificações que muitas vezes levam a conjuntos de regras mais ou menos complexas (MARQUÉS, 2016).

Na última década, o mercado dos *Board Games* (BG), como também são conhecidos os jogos de tabuleiro, vem crescendo nacional e internacionalmente. De

acordo com Duarte (2012), os BG estão passando por um ciclo de grande vitalidade, com frequentes novidades em termos de mecânicas e *gameplay*<sup>19</sup>. Alguns desses jogos vêm se modernizando e agregando parâmetros de jogos digitais à sua mecânica, dinâmica e estética, tais como (DUARTE, 2012): sistemas de recompensa e punição, desafios, *feedbacks*, níveis de dificuldade crescente e possibilidade de tratamento do erro a partir da interação entre seus jogadores. Para Prensky (2002, 2007), a adoção de tais atributos em jogos não-digitais (assim como na atividade educacional) desempenha papel importante na criação de jogos envolventes, visto que tais características impactam sobre a jogabilidade.

Nesse contexto, a presente pesquisa se dedica a investigar a aprendizagem de estudantes em uma intervenção educacional que tem como um dos recursos de ensino um jogo didático, previamente elaborado com base nos parâmetros e argumentos expostos. Aspectos de natureza teórico-metodológicos desta investigação encontram-se delineados na seção a seguir.

### 2.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Conforme o objetivo geral dessa investigação, presente no item 2.1 deste trabalho de pesquisa, é possível enquadrar esse estudo como empírico. Outras características observadas através da metodologia apresentada nesta seção contemplam aspectos de um estudo longitudinal (MOTA, 2010), com desenho experimental de pesquisa considerado como quase-experimental (CRESWELL, 2007) e fundamentado na abordagem metodológica mista. Esta última significa que procuramos combinar o uso de métodos qualitativos e quantitativos, tanto na fase de coleta quanto na análise dos dados que constituem esta investigação (CRESWELL, 2007), com a finalidade de detectar padrões e efeitos causais.

Em linhas gerais, essa seção se dedica a discutir aspectos relativos às escolhas de natureza metodológica, com o intuito de traçar um delineamento da

<sup>19</sup> *Gameplay* se refere a todas as atividades e estratégias que os designers de jogos empregam para obter e manter o jogador envolvido e motivado em completar cada um dos níveis de um jogo (PRENSKY, 2002). No dicionário da Língua Portuguesa, ainda não há uma palavra que defina o significado de jogabilidade – termo usualmente utilizado para designar *gameplay*. A jogabilidade inclui as regras do jogo e as várias escolhas dos jogadores (criação de estratégias e táticas) que constroem a experiência de jogar.

investigação de forma a elucidar: público-alvo e contextos de pesquisa; parâmetros para a construção da intervenção educacional, materiais didáticos e instrumentos de coleta de dados; procedimentos metodológicos de coleta e análise de dados, contemplando as etapas e técnicas que compreendem a pesquisa, principalmente, a sua primeira fase.

### 2.3.1 SUJEITOS E CONTEXTO DE PESQUISA

Os sujeitos envolvidos nesta investigação podem ser agrupados em duas amostras gerais: (i) aqueles que cooperaram durante o processo de validação dos instrumentos de pesquisa; e (ii) os participantes da investigação propriamente dita<sup>20</sup>.

O processo de validação se fez necessário para a obtenção de instrumentos de pesquisa melhores ajustados aos objetivos de (a) ensino, associados à intervenção educacional, e (b) de pesquisa, no que se refere ao acesso ao traço latente. Este trabalho compreende três principais instrumentos que demandam validação: o estudo dirigido, o jogo didático e o banco de itens. Esse último originou 5 testes de conhecimento.

Assim, nesta primeira fase da investigação, contamos com a participação de:

(1) 8 especialistas, com formação inicial em Física, para validar o estudo dirigido, dentre os quais: 4 analisaram o texto e caderno de atividades 1 (APÊNDICE D.1), e 4 o texto e caderno de atividades 2 (APÊNDICE D.2);

(2) 15 especialistas licenciados em Física, Química ou Biologia e/ou pesquisadores da área de Ensino, Filosofia e História das Ciências para avaliar o jogo didático (JD);

(3) 51 estudantes do Ensino Médio pertencentes à rede pública federal de ensino técnico para analisar o jogo didático;

(4) 5 especialistas, com formação inicial em Física, para validar sistema categórico construído para avaliar itens politômicos presentes no banco de itens (APÊNDICE K);

(5) 237 estudantes do Ensino Médio, pertencentes à rede pública estadual e federal de ensino, envolvidos no processo de validação do banco de itens.

<sup>20</sup> Também chamada de “pesquisa definitiva”.

Para a participação dos alunos na validação tanto do jogo de tabuleiro, quanto do banco de itens, foi estabelecido como pré-requisito ter estudado os conceitos-chave envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos em qualquer período do ano letivo em curso ou anterior.

Nesta etapa da investigação, houve a colaboração de estudantes de Ensino Médio oriundos de escolas públicas federal de educação profissional, da rede estadual e militar (instituição federal e estadual de educação). No Quadro 1 apresentamos a distribuição dos estudantes conforme a classificação das escolas de origem e o correspondente instrumento de pesquisa analisado por cada conjunto de sujeitos.

**Quadro 1.** Distribuição dos 288 estudantes que participaram da validação do JD e do banco de itens, segundo a característica das escolas de origem e o respectivo instrumento de pesquisa validado.

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>ESCOLA</b>	<b>NÚMERO DE ESTUDANTES</b>
Jogo didático	Pública federal de educação profissional	51
Banco de itens	Pública federal militar	112
	Pública estadual militar	18
	Pública federal de educação profissional	42
	Pública estadual	65

Durante a validação do banco de itens, contamos com 219 alunos do segundo e 18 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, matriculados em quatro instituições de ensino (IE) distintas, totalizando 237 participantes.

Como o propósito da investigação compreende investigar a aprendizagem de conteúdos, a pesquisa definitiva tem como público-alvo alunos do Ensino Médio que não tenham estudado os conceitos envolvidos em Hidrostática. Por decisão metodológica, tais estudantes devem estar inscritos em instituições públicas, localizadas na cidade de Salvador, Bahia. A razão em optarmos por estas instituições envolvem a liberdade para desenvolver a intervenção e o acesso a estes locais.

A primeira das IE oferece cursos técnicos nas formas integrada, subsequente e PROEJA, conforme Quadro 2. O ingresso nos cursos disponibilizados na forma integrada é feito, anualmente, por concurso público. O ano letivo é dividido em bimestres, a metodologia de avaliação é composta, prioritariamente, por atividades

escritas (testes, relatórios de experimentos, dentre outros) e a metodologia das aulas está pautada na abordagem teórica e experimental tanto de disciplinas típicas do Ensino Médio, quanto específicas da formação profissional escolhida. Para o ensino integrado, que envolve os sujeitos participantes da intervenção educacional inserida nesta pesquisa, as aulas ocorrem no período diurno (matutino e vespertino).

A segunda unidade escolar (UE) é considerada uma escola de grande porte da rede estadual de ensino, atendendo cerca de 1600 estudantes matriculados no Ensino Médio nas formas regular, EJA e PROEJA. A matrícula nesta UE é realizada presencialmente, pela internet ou em qualquer posto de matrícula coordenado pela Secretaria de Educação do Estado da Bahia. O ano letivo é dividido em 3 trimestres, a metodologia de avaliação é composta, prioritariamente, por atividades escritas (testes, listas de exercícios, pesquisas sobre conteúdos escolares, dentre outros). Entretanto, não é rara execução de outras tarefas que se constituem como avaliações, a citar: peças, seminários, mostras, gincana, dentre outras.

**Quadro 2.** Distribuição dos cursos técnicos oferecidos na escola pública federal nas modalidades integrado, subsequente e PROEJA

MODALIDADE	CURSO TÉCNICO	DURAÇÃO
Integrado	- Automação Industrial - Edificações - Eletrônica - Eletrotécnica - Geologia - Manutenção Mecânica Industrial - Química - Refrigeração	4 anos
Subsequente	- Automação Industrial - Eletrônica - Eletrotécnica - Manutenção Mecânica Industrial - Meios de Hospedagem	2 anos
PROEJA	- Saneamento	4 anos

Para a intervenção educacional que compreende a pesquisa propriamente dita, contamos com uma amostra por conveniência de 115 participantes distribuídos em 8 ciclos<sup>21</sup> de uma oficina voltada para estudantes pertencentes a estas duas

<sup>21</sup> Com o intuito de garantir o número satisfatório de réplicas do caso e do controle, de forma a diluir possíveis efeitos produzidos por variáveis de confusão, deverão existir 8 ciclos da oficina, 4 ciclos abrangendo cada um dos dois recortes do desenho de coleta dos dados. Deste modo, Nesta pesquisa, o “caso controle” está relacionado à interação com o estudo dirigido até a terceira onda de medida.

instituições de ensino. Portanto, cada ciclo da oficina foi composto por até 30 participantes. Desta forma, procuramos assegurar uma amostra suficientemente relevante para a análise de dados do ponto de vista quantitativa, visto que a pesquisa tem natureza mista. Entretanto, devido às ausências dos estudantes no curso da intervenção, somente 77 estudantes realizaram todas as tarefas propostas e puderam compor a nossa amostra final. Uma breve descrição dessa oficina encontra-se no tópico a seguir.

### 2.3.2 A INTERVENÇÃO EDUCACIONAL

A intervenção educacional foi elaborada para ser aplicada em formato de oficina, tendo como público-alvo estudantes do Ensino Médio que não tenham estudado os conteúdos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos: nosso tema-chave. Ela adota como pressuposto metodológico abordagens de ensino multimodais com foco em potenciais atividades lúdicas.

Aqui, a palavra “potenciais” exprime possibilidade, isto é, capacidade de vir a ser. Isso porque entendemos ludicidade<sup>22</sup> como uma “experiência interna de inteireza e plenitude por parte do sujeito” (LUCKESI, 2014, p. 13). Isto significa que a experiência lúdica (sinônimo de ludicidade) é concebida como um estado interno que só pode ser vivenciado e descrito unicamente pelo sujeito. Em outras palavras, a depender dos sentimentos que se façam presentes numa determinada situação (didática ou não), o que é lúdico para um indivíduo pode não ser para outro.

Diferentemente do conceito de ludicidade, as atividades lúdicas compreendem atos sociais (LEAL; D'ÁVILA, 2013) realizados por um ou mais sujeitos. Elas envolvem brincadeiras, jogos ou qualquer outra ação em que se instaure esse estado de inteireza e plenitude. Como esse estado sofre influência de fatores endógenos e externos ao indivíduo, a compreensão do lúdico aceita nesta pesquisa pode encontrar eco em abordagens neopiagetianas, visto que esta considera que o atributo a ser analisado depende tanto de aspectos centrados no sujeito como no contexto (FISCHER, 1980; KNIGHT; SUTTON, 2004; PARZIALE; FISCHER, 2009). Isto, de certo modo, entrelaça a perspectiva teórica a qual esta

<sup>22</sup> Ludicidade é um conceito polissêmico que, não raramente, é confundido com “atividade lúdica” (LUCKESI, 2014; LEAL; D'ÁVILA, 2013).

investigação está ancorada à concepção do fenômeno lúdico, permitindo articular características que respaldaram a proposição da intervenção educacional, veículo para atingir os objetivos de pesquisa já apresentados.

Tais características devem indicar o:

(i) desenvolvimento do entendimento em uma série hierárquica, o que fundamenta a abordagem dos conteúdos disciplinares em níveis crescentes de complexidade (PARZIALE; FISCHER, 2009; FISCHER, 2006);

(ii) estímulo à iniciativa, autonomia, criatividade e interatividade, dentre outras habilidades cognitivas, sociais e produtivas, permitindo o indivíduo ser protagonista no processo de ensino-aprendizagem e coordenar conhecimentos, sejam estes disciplinares ou não (CASTRO *et al.*, 2001; BRASIL, 2002; CUNHA, 2012; D'ÁVILA, 2014; BAHIA, 2015).

Estes aspectos balizaram tanto a elaboração da intervenção em si, quanto a construção dos recursos didáticos aplicados durante a oficina, visando garantir que estes (intervenção educacional e materiais didáticos) estivessem em um nível adequado a qualquer estudante do Ensino Médio independentemente da série e da instituição de ensino a que este pertencesse. Deste modo, os conteúdos foram apresentados conforme abordagem geral, acessível aos educandos do 1º ano, porém, sem que estes estivessem em nível de complexidade aquém aos estudantes das séries finais.

Como já foi mencionado, neste trabalho tomamos como conteúdo científico norteador conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. São eles: densidade, pressão e empuxo.

Tal conteúdo foi elencado tendo em vista (i) a omissão dos conteúdos relativos à Física de Fluidos nas escolas públicas da rede estadual de ensino, conforme pode ser observado nos conteúdos referenciais de Física listados em documentos distribuídos nas Jornadas Pedagógicas dos anos letivos de 2013 a 2015<sup>23</sup> (ANEXO A.1, A.2 e A.3); (ii) a aplicabilidade destes conceitos no cotidiano e (iii) a indicação presente nos PCN+ Ensino Médio, que determina como uma das metas educacionais para o ensino de Física, “estabelecer as condições necessárias para a manutenção do equilíbrio de objetos, incluindo situações no ar ou na água”

<sup>23</sup> Não se encontram disponíveis, no *site* da Secretaria de Educação do Estado da Bahia ([www.educacao.ba.gov.br](http://www.educacao.ba.gov.br)), informações sobre os conteúdos referenciais para os anos letivos de 2016 e 2017.

(BRASIL, 2002, p. 73). Neste caso, sugere-se a inserção do conteúdo sobre hidrostática como um dos temas estruturadores para organizar o ensino deste componente curricular<sup>24</sup>.

Para tratar os conceitos elencados no contexto escolar, foi executada uma oficina constituída de 5 encontros, cada um com duração de 50 min, 125 min ou 150 min, dependendo das atividades programadas, perfazendo, aproximadamente, 10h de contato com o conteúdo. A organização das atividades e o intervalo de duração de cada encontro levaram em consideração dois critérios: (a) abordagens multimodais de aprendizagem; (b) resultados da validação das ferramentas didáticas que compõem a intervenção: jogo didático e estudo dirigido<sup>25</sup>. Por exemplo, de acordo com os sujeitos que compuseram essa etapa da pesquisa, em geral, o tempo médio para interagir com cada ferramenta didática deveria ser de 100 min (2 aulas).

A seguir, expomos uma breve descrição<sup>26</sup> sobre as atividades realizadas em cada um desses 5 encontros. A amostra foi distribuída em dois grupos amostrais: amostra 1 (grupo experimental - GE), amostra 2 (grupo controle - GC). Dessa forma, quando nos referimos a “toda a amostra”, estamos considerando a amostra 1 e a amostra 2. Talvez isso fique melhor compreendido quando abordarmos aspectos relativos aos procedimentos de coleta e análise de dados. Essa divisão se deve à existência de dois modelos de intervenção preparados com a finalidade de atender às questões, objetivos e o pressuposto teórico que orienta esta investigação.

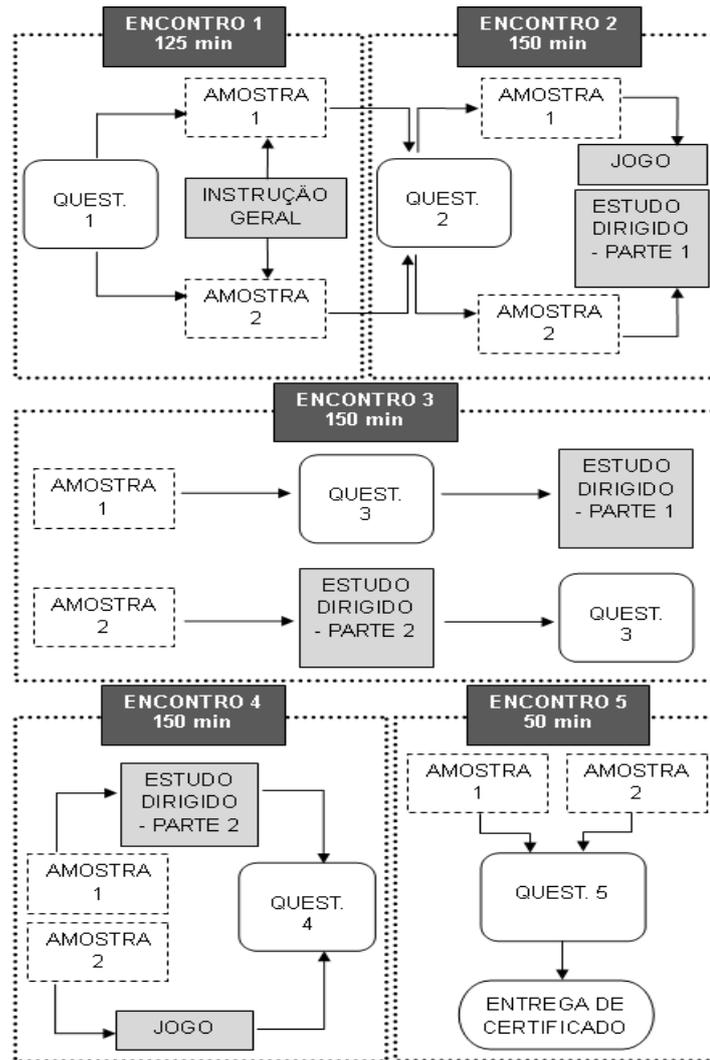
A Figura 2 sintetiza esses dois modelos, bem como apresenta as cinco ondas de medida. A intervenção pedagógica foi realizada entre os meses de setembro de 2017 e fevereiro de 2018<sup>27</sup>.

<sup>24</sup> Vale destacar que não pretendemos iniciar neste trabalho uma discussão de natureza curricular, embora entendamos esta temática de fundamental importância, assim como tantas outras questões que permeiam a pesquisa e prática educacional.

<sup>25</sup> Vale destacar que, do estudo dirigido, apenas o caderno de atividades foi coletado para fins de pesquisa. Isto significa que os textos bases permaneceram com os estudantes ao final da intervenção.

<sup>26</sup> Uma descrição mais detalhada da intervenção encontra-se no APÊNDICE A

<sup>27</sup> O atraso na aplicação da intervenção educacional está pautado, basicamente, nas seguintes razões: a mudança, em meados de 2015, de um dos produtos pedagógicos, sendo necessário desenhar uma nova ferramenta, e o esforço para validação dos recursos de ensino e dos instrumentos de pesquisa.



**Figura 2.** Desenho esquemático da intervenção educacional

De modo geral, durante esses 5 encontros, as duas amostras foram submetidas a: (a) uma instrução geral, sobre o conteúdo de Hidrostática, realizada no primeiro encontro e conduzida pela própria pesquisadora; (b) aplicação de 5 testes de conhecimento, um a cada encontro, totalizando 5 ondas de medida; (c) do segundo ao quarto dia de oficina, cada amostra interagiu com duas ferramentas distintas, uma consecutivamente à outra. Ou seja, a Amostra 1, após interagir inicialmente com o JD, iniciou o estudo dirigido; enquanto que a Amostra 2, que havia tido o primeiro contato com o estudo dirigido, começou com o JD. Isso garantiu que todos fossem submetidos às mesmas condições de ensino que acreditamos ser pedagogicamente válidas no contexto educacional.

Dessa maneira, estaríamos, não somente, possibilitando a avaliação de questões agendadas na pesquisa, como também cumprindo um pressuposto ético

no qual se acredita que não deve ser privado a qualquer estudante o contato com qualquer dos instrumentos didáticos e/ou abordagens de ensino propostos. Assegurar este direito, bem como a responsabilidade por (i) adotar apenas os dados que tiverem consentimento dos participantes da pesquisa, (b) produzir, o quanto possível, instrumentos didáticos que submetam os participantes ao mínimo de riscos à integridade física, emocional e psicológica, procurando inclusive esclarecer estudantes, professores e gestores das IE sobre tais riscos, (c) garantir o sigilo de informações que permitiriam a identificação dos participantes desta investigação, e (d) articular formas de divulgação dos resultados obtidos nesta investigação nas unidades de ensino coparticipantes, procurando suscitar discussões sobre práticas pedagógicas inovadoras entre os professores, configura-se, para nós, como preocupações sobre o ponto de vista ético dessa pesquisa educacional. Isto significa que, embora a pesquisa não tenha sido submetida ao comitê de ética (CEP), todo protocolo que perpassa pela apreciação de um projeto de pesquisa junto ao CEP (procedimentos e documentos de autorização para assinatura por representantes das instituições coparticipantes e pelos sujeitos envolvidos na pesquisa) foi realizado.

No próximo item são tratados aspectos relativos aos materiais didáticos e instrumentos de pesquisa utilizados na intervenção educacional descrita anteriormente.

### 2.3.3 MATERIAIS DIDÁTICOS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

O cerne dessa investigação está voltado para a aprendizagem de conteúdos científicos tipicamente escolares. Aqui, a aprendizagem é dimensionada a partir do progresso do entendimento e este, por sua vez, é avaliado através de um conjunto de dados coletados durante uma intervenção educacional.

Para mediar o diálogo entre os estudantes e o conteúdo abordado durante esta intervenção, foram elaborados dois materiais didáticos com naturezas distintas: o estudo dirigido (natureza “tradicional”) e o jogo de tabuleiro (natureza lúdica). Com o intuito de atender o objetivo geral dessa investigação, utilizamos instrumentos que se configuram como mecanismos de coleta e análise de dados. Tais instrumentos englobam testes de conhecimento, atividades escritas presentes nos cadernos de atividades que compõem o estudo dirigido, diário de bordo e mapas de episódio

construídos através dos registros das aulas e gravações de áudio das interações entre os sujeitos de pesquisa - estes últimos compreendem instrumentos de análise qualitativa dos dados e permitir-nos-á capturar fatores contextuais que podem ter influenciado o processo de aprendizagem.

A seguir, apresentamos resumidamente algumas características gerais dos recursos didáticos e os instrumentos de pesquisa construídos que se constituem como objetos da intervenção e da pesquisa, respectivamente. Uma descrição mais detalhada sobre cada uma das ferramentas didáticas e dos testes de conhecimento (aqui nomeados como questionários) foi realizada nos artigos que compõem essa tese. A escolha pela supressão, nesta seção, de algumas informações sobre cada um desses elementos está pautada na tentativa de evitar repetições textuais.

### **Materiais Didáticos**

Os dois materiais didáticos utilizados na intervenção educacional foram o estudo dirigido e o jogo de tabuleiro. Suas construções estiveram voltadas para o ensino de conceitos físicos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. Embora tais materiais tenham sido desenhados considerando duas abordagens de ensino distintas, ambas as ferramentas permitem, a princípio, o desenvolvimento da autonomia, criatividade e a interatividade a partir da mobilização de um conjunto de habilidades com o propósito de executar as tarefas presentes, sejam no estudo dirigido ou no jogo didático.

Em cada um desses recursos, o fenômeno estudado é tratado, predominantemente, sob o ponto de vista conceitual e de aplicação destes conceitos no cotidiano, procurando favorecer a ligação interdisciplinar com outras áreas do conhecimento e contextualizar os conceitos abordados.

Ainda que manter o foco nesses aspectos do fenômeno tenha sido uma preocupação durante a construção desses recursos e da instrução geral aplicada no curso da oficina, habilidades procedimentais voltadas para a resolução de situações-problema, requeridas na manipulação de itens de caráter matemático e na realização de experimentos de baixo custo, foram integradas também a cada um dos materiais didáticos.

No caso do estudo dirigido, o caráter “tradicional” é aqui atribuído ao fato de ser uma estratégia de ensino amplamente utilizada no ambiente educacional devido

a seu caráter instrucional. No âmbito escolar, ele pode ser utilizado como atividade de classe ou extraclasse.

De acordo com Cinel (2003), através da utilização do estudo dirigido é possível facilitar o desenvolvimento das habilidades e incentivar a atividade intelectual do aluno, estimulando a mobilização de seus próprios recursos mentais, consolidando os conhecimentos por meio de uma combinação entre explicação do professor e execução de tarefas, e conduzindo-o à busca da solução dos problemas por meio de questões que os alunos possam resolver criativamente e de forma independente.

Vale destacar que é responsabilidade do professor-pesquisador atentar-se para a condução da atividade, tendo em vista que os processos de aprendizagem são individuais e que cada sujeito ou grupo de sujeitos podem apresentar desenvolvimentos distintos. Isto, necessariamente, não significa que o grupo ou indivíduo que apresentar algum descompasso em relação aos demais não esteja suficientemente engajado no processo de aprendizagem.

Em termos de quantidade e diversidade de tarefas, o estudo dirigido projetado nesta pesquisa apresenta 20 tarefas divididas em dois cadernos de atividades. Tais tarefas apontam para objetivos pedagógicos distintos e podem ser classificadas em três grupos: “Para você pensar e responder”, “Para você fazer e responder” e “Sintetizando ideias”. A Tabela 1 exhibe a distribuição das tarefas contidas em cada um dos cadernos de atividades que compõem o estudo dirigido.

**Tabela 1.** Distribuição dos tipos de questões presentes nos cadernos de atividades que se constituem como parte do estudo dirigido.

	<b>Para você pensar e responder</b>	<b>Para você fazer e responder</b>	<b>Sintetizando ideias</b>
<b>Caderno de Atividades 1</b>	6	2	4
<b>Caderno de atividades 2</b>	5	1	4
TOTAL	11	3	8

Todas as atividades propostas neste material didático possuem caráter discursivo, ou seja, é requerido que o estudante indique, descreva, explique, relacione, explicitamente verbalmente cada uma das respostas, mesmo que sejam atividades de natureza experimental.

Tal conjunto de atividades, juntamente com os dois textos bases que compõem o estudo dirigido, foram avaliados por um conjunto de juízes. O objetivo foi

ajustar o recurso a partir de críticas e apontamentos que produzissem um material mais adequado quanto aos objetivos de ensino a que se propôs, assim como analisar o conteúdo científico propriamente dito. Somente após essa apreciação, é que o material foi reformulado para ser empregado, posteriormente, em contexto escolar.

Quanto ao segundo material didático que se configura como objeto da intervenção educacional, é preciso sinalizar que ele não se refere à primeira ferramenta planejada para esta investigação. Inicialmente, o recurso desenhado tratava-se de um jogo eletrônico com o mesmo nome e identidade visual semelhante ao jogo de tabuleiro. Este *game*<sup>28</sup> não pôde ser finalizado devido a limitações relativas a restrições orçamentárias e ao tempo de doutorado. A motivação que nos conduziu para a modelagem de uma ferramenta de caráter digital estava baseada no apelo desse tipo de tecnologia na sociedade atual. Entretanto, para além dos *games*, de acordo com Alves (2014), é o processo de gamificação que vem se espalhando na sociedade contemporânea. Segundo esta autora, a gamificação (uma das traduções mais utilizadas para o termo, em inglês, *gamification*) se constitui no processo de “levar as características presentes no jogo [mecânica, estética e dinâmica] para a busca de solucionar problemas em diferentes situações” (ALVES, 2014, p. 102). Ou seja, é um processo de assimilação de elementos e objetos dos *games* fora do contexto de um *game* e que transcende a utilização de tecnologias digitais.

Esse contexto agregado ao mercado crescente de *Board Games* (BG) nos encorajou à proposição de um jogo de tabuleiro, intitulado **Kuank: uma aventura em diferentes mundos**, que traz em sua fundamentação características de um jogo eletrônico como: sistemas de recompensa e punição, desafios, *feedbacks*, níveis de dificuldade crescente e possibilidade de tratamento do erro a partir da interação entre seus jogadores.

Assim como o estudo dirigido, o jogo didático envolve a mobilização de habilidades como, por exemplo, identificação, relação e manipulação experimental. Essas habilidades são requeridas em 3 tarefas distintas as quais os estudantes serão submetidos ao jogar, são elas: responder à perguntas do tipo “Diga o que é”, “Explique por que” e executar os desafios “Faça você”. Considerando cada uma

<sup>28</sup> Nesse trabalho, tratamos jogos digitais ou eletrônicos como *games*.

dessas tarefas, temos: 33 questões “Diga o que é”; 27 questões “Explique por que” e 4 tarefas procedimentais (Desafios “Faça você”). Para as 60 perguntas que integram o jogo, há um cartão de resposta correspondente, assim como para cada desafio proposto, existe um kit experimental.

As regras do jogo, dentre outros elementos, sofreram alterações após a análise das críticas dos sujeitos envolvidos em um processo de validação sequencial. Isto é, dois grupos distintos de sujeitos avaliaram a ferramenta consecutivamente, gerando o seguinte caminho: formulação do BG - interação 1 – avaliação 1 – reformulação 1 – interação 2 - avaliação 2 – reformulação 2. A partir do protótipo inicial do BG, um novo protótipo foi criado em cada um dos processos de reformulação, sendo testados 2 protótipos até a obtenção de um protótipo melhor ajustado aos objetivos pedagógicos e do jogo enquanto recurso potencialmente lúdico.

Neste processo de validação sequencial, primeiramente, o BG foi avaliado por um grupo de 15 professores da Educação Básica e/ou pesquisadores em Ensino de Ciências. A partir da análise desses juízes, o jogo foi reformulado e submetido à apreciação de uma amostra constituída de 51 estudantes do Ensino Médio que já havia estudado o conteúdo abordado na ferramenta didática. Somente após esse segundo ciclo de validação é que foi produzido o terceiro protótipo do jogo de tabuleiro. Este último foi considerado satisfatoriamente adequado para a aplicação deste material em sala de aula. Detalhes sobre a validação dos dois recursos didáticos utilizados no âmbito desta investigação encontram-se no ARTIGO 1 e 2 deste trabalho.

É importante notar que através da utilização de ambas as ferramentas, procuramos:

(i) reconhecer o estudante como sujeito ativo, corresponsável pela sua própria trajetória de aprendizagem;

(ii) oferecer o mais diverso repertório de atividades possível, tendo em vista que o uso de estratégias de ensino variadas tende a maximizar a possibilidade de aprendizagem dos diferentes estudantes (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003). Ademais, com essa pluralidade, ampliamos a probabilidade de acessar de forma mais robusta o patamar de articulação do traço latente, uma vez que o entendimento pode ser demonstrado tanto no processo de verbalização (saber dizer), quanto na

ação (saber fazer) (AMANTES; COELHO, 2013). Isto significa que tais saberes são indicadores do entendimento e de seu estado de articulação (AMANTES, 2005).

### **Instrumentos de pesquisa**

Os instrumentos de coleta de dados se constituem como objetos da investigação. Em nosso caso, eles correspondem aos seguintes recursos: atividades de lápis e papel oriundas do estudo dirigido (mais estritamente dos cadernos de atividades que compõe este material), testes de conhecimento, questionário estruturado<sup>29</sup> e registros das observações sobre cada encontro que compôs a oficina sobre flutuação dos corpos.

Os dados oriundos das observações sobre a situação de ensino foram registrados em um diário de bordo escrito pela professora-pesquisadora e gravações de áudio das interações dos estudantes no curso da intervenção educacional. A primeira forma de registro foi reelaborada a partir de instrumento desenvolvido por dois membros do grupo de pesquisa LAMPMEC<sup>30</sup> ao qual eu, autora deste trabalho, e a professora-orientadora pertencemos. A segunda forma de registro foi utilizada nos 4 primeiros encontros da oficina. No decorrer desses 4 encontros, este recurso somente não foi empregado nos momentos em que os estudantes estiveram realizando os testes de conhecimento.

O uso do diário de bordo e gravações de áudio permitirá a construção de mapas de episódio que equivalem a relatos sistemáticos sobre as observações gerais realizadas no contexto da pesquisa. No caso de pesquisas futuras, os mapas de episódio auxiliarão (i) na caracterização da situação de ensino e contexto de aprendizagem e (ii) no levantamento de possíveis fatores/preditores que interferiram no progresso do entendimento dimensionado através dos testes de conhecimento e, provavelmente, atividades de lápis e papel presentes no estudo dirigido.

<sup>29</sup> Este instrumento foi elaborado com objetivo de disponibilizar um meio em que o estudante pudesse expor informações sobre sua relação com a disciplina de Física, motivações quanto a sua participação na oficina, como ele percebe a função da cooperação e competitividade na sua trajetória dentro da oficina, dentre outro. Esse questionário está apresentado APÊNDICE L.

<sup>30</sup> Até a presente data o LAMPMEC, Laboratório de Metodologia e Pesquisa Mista em Ensino de Ciências, ainda não foi cadastrado como grupo de pesquisa junto ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Para fins de registro, o diário de bordo presente no APÊNDICE H deste relatório foi reformulado a partir do instrumento desenvolvido por Sílvia Porto e Agamenon Xavier.

Essas atividades escritas foram projetadas para atender aos objetivos de ensino, tendo, portanto, caráter didático, isto é, voltado para aprendizagem dos conteúdos tratados. Outra preocupação no momento da elaboração dessas atividades foi que elas não deveriam se referir apenas a perguntas que pudessem ser respondidas diretamente a partir da leitura do material didático. Deste modo, procuramos estimular a explicitação do entendimento do estudante e não a mera identificação da resposta no corpo do texto.

Mesmo o estudo dirigido sendo realizado em grupos de estudantes, cada um dos seus componentes que estiveram presentes às aulas respondeu aos cadernos de atividades. Estes cadernos foram recolhidos e compõem o banco de dados desta investigação. Eles servirão para iluminar possíveis achados provenientes da análise dos testes de conhecimento.

Estes testes, denominados como questionários, foram construídos a partir de um banco de itens validado por uma amostra composta por 237 estudantes de escolas públicas da rede federal e estadual de ensino.

Deste processo de validação, obtivemos um banco de itens formado por 15 itens politômicos e 60 itens dicotômicos, estes últimos distribuídos da seguinte maneira: 49 itens do tipo “verdadeiro ou falso” e 11 itens de múltipla escolha. Os 15 itens politômicos/ discursivos parecem ter se desdobrados em 48 itens dicotômicos gerados a partir de um processo de categorização que nos permitiu avaliar qualitativamente as respostas explicitadas pelos estudantes para cada item aberto. As categorias foram construídas com base na Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980), em que se subtendem níveis hierárquicos de complexidade do entendimento.

Deste banco, elaboramos 5 testes de conhecimento que foram aplicados em 5 momentos distintos (um questionário por dia de oficina). Portanto, sendo esta investigação constituída por 5 ondas de medida voltadas para a análise da evolução de um atributo ao longo do tempo, tanto sob o ponto de vista do sujeito quanto de um grupo, podemos classificar esse estudo como longitudinal, pois, além de considerar perdas de sujeitos no curso do processo de coleta, este tipo de pesquisa permite acompanhar o desenvolvimento de uma amostra temporalmente, sem deixar de se preocupar com múltiplas variáveis que afetam este desenvolvimento (MOTA, 2010, p. 145). Embora ainda sejam controversos os parâmetros de enquadramento em um estudo transversal ou longitudinal, alguns autores (CILLESEN, 2005;

NESSELROADE; MOLENAAR, 2010) defendem que a pesquisa longitudinal não se aplica apenas aquelas de longo prazo e que envolvem muitos indivíduos, pois o foco está no desenvolvimento, isto é, no processo. Esta concepção é, por nós, corroborada.

Faz-se necessário notar que as ondas de medida se referem à ocasião em que o entendimento dos estudantes sobre flutuação dos corpos é medido. Para a primeira onda ou pré-teste (ou ainda, em nosso caso, Questionário 1), o objetivo é realizar uma sondagem sobre os conhecimentos prévios dos estudantes. As segunda e terceira ondas (respectivamente, Questionários 2 e 3), são considerados como testes intermediários. A quarta onda ou Questionário 4 se refere a um pós-teste, ou seja, a um questionário que avalia o entendimento dos estudantes imediatamente após o término da fase instrucional da intervenção. O quinto e último questionário ou quinta onda de medida equivale ao teste de retenção, sendo este empregado entre 15 e 30 dias depois do pós-teste.

A Tabela 2 apresenta a relação entre o número de itens e os respectivos tipos de itens em cada um dos cinco testes utilizados como instrumentos de coleta de dados.

**Tabela 2.** Distribuição dos tipos de itens presentes nos cinco testes de conhecimento aplicados durante a intervenção educacional

<b>Itens</b>	<b>Questionário 1</b>	<b>Questionário 2</b>	<b>Questionário 3</b>	<b>Questionário 4</b>	<b>Questionário 5</b>
<b>“Verdadeiro ou Falso”</b>	16	15	12	11	14
<b>Múltipla escolha</b>	2	4	4	5	4
<b>Abertos ou discursivos</b>	5	4	7	7	4
<b>TOTAL</b>	23	23	23	23	22

O número de itens que se repetem em cada teste é variável, mas tal repetição é importante para a calibração dos instrumentos. As respostas aos itens que compõem os testes correspondem a um dos conjuntos de dados a serem analisados.

Por fim, foi solicitado ao estudante, além de explicitar seu entendimento, indicasse, em todas as questões, seu nível de segurança em relação a cada resposta fornecida, de acordo com a seguinte instrução presente em todos os questionários: “ATENÇÃO! [...] 3. Em cada item existe um quadro do tipo [MS][S][N]

[I][MI] para que você avalie o grau de segurança que você teve ao responder. 4. Marque um X em “Muito Seguro” (MS) quando você tiver total segurança sobre a exatidão da resposta dada, “Seguro” (S) quando estiver certo sobre a resposta, mas com algum elemento de dúvida em relação ao que respondeu, “Neutro” (N) quando não souber avaliar sua segurança, “Inseguro” (I) quando julgar que a resposta pode ou não estar correta e “Muito Inseguro” (MI) quando não souber julgar a exatidão do que respondeu”. Esta estratégia metacognitiva poderá nos auxiliar, em estudos futuros, a monitorizar o progresso cognitivo de cada estudante ao longo do tempo.

Maiores detalhes sobre os questionários, bem como o processo de validação do banco de itens que culminou na proposição dos testes de conhecimento, serão esclarecidos posteriormente ao tratarmos sobre o processo de validação do banco de itens no ARTIGO 3 deste trabalho.

#### 2.3.4 MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

“A investigação não termina com seus dados; ela se inicia com eles. O produto final da ciência é uma teoria ou hipótese de trabalho e não os chamados fatos”.

George Herbert Mead, 1938

Discutir concepção de medida na área de Ciências Humanas, em particular na Educação, ainda se assemelha a mover-se em um terreno espinhoso. Tal situação pode estar relacionada a duas questões: (i) à “guerra de paradigmas” que nasce da aparente oposição entre perspectivas qualitativas e quantitativas na pesquisa educacional (GORARD, 2002; TAYLOR; GORARD 2004, FLICK, 2004); (ii) à estrutura e natureza do construto a ser investigado neste campo de conhecimento - qualitativo (em primeira instância) e inacessível diretamente (latente) (AMANTES, 2009).

Embora pesquisas que combinem métodos ainda sejam relatadas, relativamente, com pouca frequência (TAYLOR; GORARD, 2004), alguns autores (GORARD, 2002; SHAFFER; SERLIN, 2004; MEAD, 2008) vêm defendendo a (a) superação do falso dualismo entre investigações de natureza quantitativa e qualitativa, e (b) utilização conjunta de métodos e técnicas de ambas abordagens durante a coleta e análise de dados com a finalidade de expandir o alcance dos seus resultados e melhorar o poder analítico de seus estudos, visto que os fenômenos

sociais tendem a ser multifacetados e o emprego de um único método pode conduzir a uma desnecessária fragmentação (TAYLOR; GORARD, 2004).

Para autores como Gorard (2002) e Taylor e Gorard (2004), a combinação apropriada destas duas perspectivas de pesquisa permite a integração de pontos fortes de cada um dos métodos investigativos, fornecendo análises mais profundas e completas sobre o fenômeno estudado e conferindo ao método misto um caráter complementar e confirmatório.

Ao falarmos em “combinação apropriada” é necessário considerar aspectos associados ao rigor, robustez e coerência interna da pesquisa. Isto significa garantir a conformidade entre questões de pesquisa, objetivos, referencial teórico, métodos, resultados e implicações, adequando a metodologia e ponderando limitações e potencialidades às especificidades de cada investigação. Esta deve ser a principal preocupação de qualquer modalidade de pesquisa, seja ela qualitativa, quantitativa ou mista. Ao encontro desta concepção, Singer e Willet (2005, p. 13, tradução nossa) afirmam que pesquisadores devem “desenvolver e promover uma série de técnicas de modelos adequadas para abordar os diversos tipos de questões de investigação”. Essa afirmação corrobora com discussões relativas à coerência interna e rigor das pesquisas na área de Ensino (SHAFFER e SERLIN, 2004; ANDRÉ, 2001) e um ponto essencial se refere à adequação dos métodos para identificar efeitos de causalidade, comparações amostrais e avaliação da eficiência de abordagens instrucionais.

De acordo com Amantes, Coelho e Marinho (2015a), questões que se remetem à comparação de parâmetros e análise de efeito de atributos, demandam metodologias apropriadas que evidenciem variações ao longo do tempo, diferenças entre traços ou estados latentes e padrões de comportamento. Nesse sentido, para mensurar e/ou comparar os atributos de maneira a assegurar critérios de confiabilidade, é preciso que o desenho metodológico abarque ao menos métodos de coleta e análise quantitativos.

Nossa pesquisa, em particular, abrange métodos mistos de coleta e análise de dados, sendo estes um conjunto de elementos coletados a partir de quatro instrumentos, conforme apresentamos no tópico anterior. O método de coleta de dados é concomitante (CRESWELL, 2007) e os procedimentos utilizados nesta coleta envolvem: (i) observação da situação de ensino e contexto de pesquisa (registrada em diário de bordo e gravações de áudio) e (ii) aplicação de

questionários (5 testes de conhecimento e demais tarefas escritas realizadas durante a oficina).

Para sintetizarmos o processo de coleta de dados descrito esquematicamente no ponto 2.3.2 deste relatório, apresentamos as etapas a seguir:

1. Dividimos a amostra em 2 subamostras;
2. Às subamostras 1 e 2, foram submetidas ao Questionário 1 e, posteriormente, à instrução geral sobre o tema da intervenção;
3. Aplicamos o Questionário 2 a todos os participantes;
4. Empregamos o jogo didático à subamostra 1, enquanto que à subamostra 2 interagiu com o estudo dirigido;
5. Aplicamos o Questionário 3 após as interações com estes materiais didáticos;
6. Em seguida, empregamos o jogo didático à subamostra 2, enquanto que à subamostra 1 interagiu com o estudo dirigido;
7. Aplicamos o Questionário 4 após as interações com estes materiais didáticos;
8. Após um intervalo de tempo de 15 a 30 dias, aplicamos o teste de retenção (Questionário 5).

Com este delineamento, estamos assumindo a posição de que os diferentes modelos de intervenção poderá se constituir um possível fator na aprendizagem sobre conceitos científicos: para metade da amostra, o jogo foi utilizado como ferramenta introdutória, e para a outra metade, o jogo se colocou como ferramenta de aplicação do conhecimento.

A partir dos dados coletados, seria possível agendar uma série de objetivos procedimentais:

(a) Verificar se houve evolução no entendimento dos estudantes, bem como identificar e analisar os perfis de aprendizagem dos sujeitos.

(b) Avaliar o entendimento de partida dos estudantes, ao parear os dados do Questionário 1 e Questionário 2. Isso poderá auxiliar a: (i) avaliar o efeito da instrução; (ii) verificar o caráter instrucional do jogo didático através do pareamento dos dados obtidos do Questionário 2 com o Questionário 3.

(c) Identificar se houve alguma situação (como ferramenta de aplicação ou de introdução do conteúdo) em que o jogo promoveu maior aprendizagem, pareando os dados do Questionário 2 com os do Questionário 4.

(d) Analisar se a sequência de aplicação dos materiais didáticos afeta o nível de entendimento e engajamento alcançado pelos estudantes, comparando os dados de todos os testes realizados durante toda a sequência.

(e) Construir os mapas de episódios a partir dos dados oriundos das observações de sala de aula (registros de gravação de áudio e diário de bordo). Isto nos permite levantar fatores que influenciaram na aprendizagem dos sujeitos.

Com o item (e), poderíamos identificar fatores que influenciaram a aprendizagem e o engajamento dos estudantes ao longo da intervenção, variáveis que não foram avaliadas nessa pesquisa, assim como, a partir dos itens (b), (c) e (d), obteríamos apontamentos sobre as potencialidades e limitações do jogo como material didático. Devido a limitações relativas ao tempo de pesquisa, estas análises serão realizadas em trabalhos posteriores.

A Figura 3 condensa o desenho de coleta de dados e algumas questões que orientarão a análise dos dados.

Após o processo de coleta, técnicas e métodos qualitativos de análise foram empregados com o propósito de:

- descrever a situação de ensino e contexto de aprendizagem;
- elencar indicadores que influenciam na aprendizagem de conteúdos;
- categorizar os dados a partir do estabelecimento de uma Taxonomia baseada na Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980);
- avaliar aspectos da aprendizagem a partir do estudo dos mapas de itens gerados a partir da Modelagem Rasch.

A Psicometria é responsável por explicar o sentido que têm as respostas dadas pelos sujeitos a uma série de tarefas, tipicamente chamadas de itens (PASQUALI, 2009). De modo geral, o tratamento dos dados sob a perspectiva quantitativa deve estar voltado, portanto, para avaliação de questões relativas à evolução do entendimento a partir das respostas dos estudantes aos itens que constituem os cinco testes de conhecimento.

Um dos primeiros procedimentos para que seja possível a utilização de técnicas inerentes a ela é a conversão desses dados (respostas aos itens), que em primeira instância possuem natureza qualitativa, em uma matriz de resposta, composta por:

- (a) 0: se as repostas de itens dicotômicos forem consideradas incorreta;
- (b) 1: se as repostas de itens dicotômicos forem consideradas corretas;

(c) N: em que  $N = 0, 1, 2, 3, \dots$  e corresponde ao nível da categoria atribuída às respostas de itens politômicos. Tal atribuição segue a orientação de um sistema categórico construído e validado especificamente para esta finalidade.

Da obtenção dessa matriz de dados, é possível aplicar métodos quantitativos distintos com o propósito de avaliar a dimensionalidade do traço latente, a adequação dos dados ao modelo, obter estimativas relacionadas aos itens e sujeitos, dentre outros. Para tanto, foram incluídas no método de análise a Modelagem Rasch, técnicas de análise multivariada de dados e análises estatística clássica. Nesta fase de análise, consideramos a natureza multidimensional do objeto de estudo (o progresso do entendimento dos estudantes sobre conceitos envolvidos na flutuação dos corpos) e a necessidade de reduzir a dimensionalidade deste traço latente de forma a obter medidas que permitam extrair inferências sobre a variável dominante dimensionada a partir das variáveis observadas. Na próxima seção e ao longo desse trabalho, discutimos alguns aspectos sobre o que está posto nesse parágrafo com o intuito de mitigar algumas dúvidas elencadas pelo leitor.

Na Figura 4, representamos esquematicamente o desenho da pesquisa que envolve as análises tratadas no ARTIGO 1 até o ARTIGO 4.

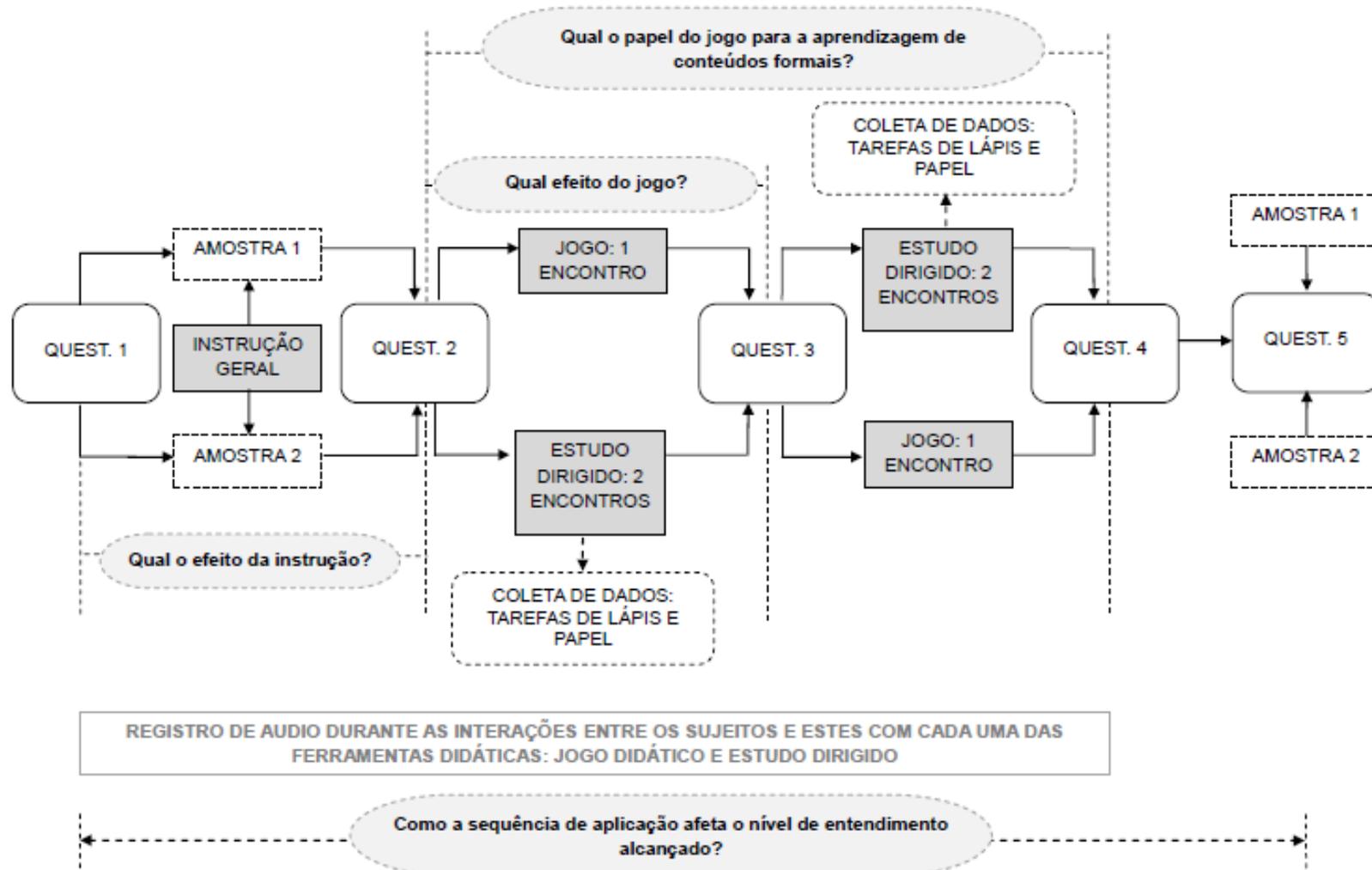


Figura 3. Desenho esquemático da coleta de dados

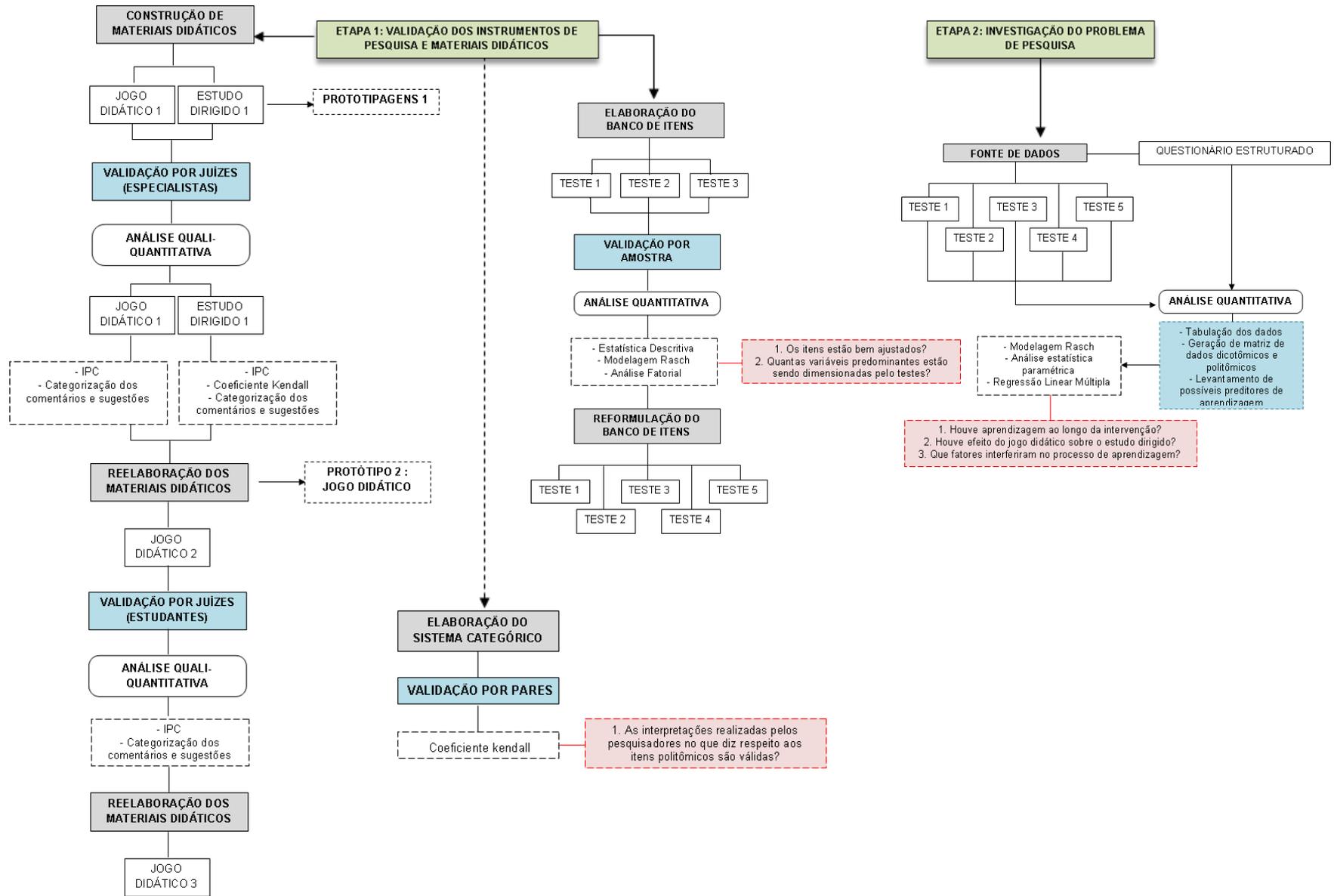


Figura 4. Desenho esquemático sobre a análise dos dados

### 2.3.5 MODELAGEM RASCH

“(...) all methods of educational research deal with qualities, even when the observed qualities are counted”. (GORARD, 2002, p. 346)

Na discussão realizada no item anterior, dois possíveis problemas parecem dificultar a utilização de abordagens mistas em pesquisas educacionais. Um deles se refere à própria natureza do construto a ser investigado em domínios como das Ciências Sociais e Humanas, a citar a Educação. Amantes, Coelho e Marinho (2015b) afirmam que muitos dos objetos de estudo deste campo de conhecimento correspondem a atributos abstratos, construídos (ou inventados) a partir de uma teoria (ou um conjunto de teorias). Tais atributos se configuram como traços latentes que, como mencionado anteriormente, não podem ser mensurados diretamente, mas sim relacionados teoricamente a variáveis observáveis. Desta relação entre o traço latente (também denominado por fator ou construto) e as variáveis observáveis institui-se que “diferenças nas variáveis latentes causam diferenças nas variáveis observáveis” (GOLINO; GOMES, 2015b, p. 117).

A necessidade de se medir tais variáveis latente está intimamente vinculada ao objetivo da investigação. Quando problemas de pesquisa demandam (a) avaliar mudanças temporais; (b) comparar parâmetros e diferenças entre traços ou estados latentes, (c) analisar efeitos de intervenções, dentre outros, a medida de atributos se faz imprescindível (AMANTES; COELHO; MARINHO, 2015a). Embora o tratamento dessas variáveis com métodos quantitativos possa figurar em relatórios de pesquisas na área de ensino, nem toda quantificação está atrelada ao ato de mensuração de uma variável.

No modelo das variáveis latentes (atributo não observável) é preciso construir uma estrutura formal que relaciona as respostas aos itens que compõem os testes/ instrumentos ao atributo hipotético (variável latente), deduzir implicações empíricas do modelo e avaliar a adequação dos dados empíricos ao respectivo modelo (BORSBOOM, 2005).

A medida destes construtos é, portanto, tratada pela Psicometria - teoria e técnica de medida dos processos mentais, especialmente aplicada na área da Psicologia e da Educação (PASQUALI, 2009). Para este autor, a Psicometria trata a medida de traços latentes através de comportamentos verbais ou motores, a

dependem do construto tratado - estes comportamentos seriam a representação destes traços. A legitimidade de tal representação (validade) e a análise dos itens comportamentais em termos, por exemplo, da dificuldade do item são os parâmetros com que lida a Psicometria (PASQUALI, 1996).

Uma das teorias em que esta se fundamenta é a Teoria de Medidas Aditivas Conjuntas (TMAC). Esta teoria permite o tratamento de atributos de caráter latente e qualitativo a partir de um sistema formal suficientemente robusto tanto quanto aquele que relaciona, por exemplo, grandezas físicas (GOLINO; GOMES, 2015a). Nessa teoria, a medida pressupõe a relação entre variáveis independentes (observáveis) e uma variável dependente (traço latente). Tal relação entre variáveis deve atender um conjunto de regras, denominadas características fundamentais de mensuração (AMANTES; COELHO; MARINHO, 2015b).

Segundo Pasquali (1996), essas regras consideram três propriedades básicas: ordem, aditividade e identidade. Estas propriedades devem estar incorporadas a um conjunto de axiomas que deve ser satisfeito. Golino e Gomes (2015a, p. 41) afirmam que se a estrutura de dados, obtida por meio de instrumentos devidamente válidos, não refletir uma estrutura aditiva conjunta, então, não existem relações que satisfaçam os axiomas estabelecidos pela TMAC. Logo, atender a todas as regras postuladas é condição *sine qua non* para que tal estrutura formal de relações leve à medida do construto.

Segundo esses autores, os Modelos Rasch são versões probabilísticas da TMAC. Estes modelos de mensuração de variável latente são amplamente utilizados na área de Psicologia e Educação, inclusive para analisar dados de avaliação de larga escala como ENEM e PISA, por exemplo. Eles pressupõem a variável latente como uma variável unidimensional contínua e variáveis observáveis de natureza categórica (BORSBOOM, 2008). Para isso, os itens devem medir uma variável latente única e contínua ( $\theta$ ) que pode assumir qualquer valor no intervalo de  $-\infty$  a  $+\infty$ . De acordo com Golino e Gomes (2015b, p. 148), cabe a essa variável latente “a função específica e única de caracterizar a métrica da medida”.

É sabido que a complexidade humana não poderá ser expressa através de um único traço (COUTO; PRIMI, 2011), de forma que vários fatores interferem no comportamento emergente desta variável. Para a execução de uma tarefa, exige-se a mobilização de um conjunto de habilidades, entretanto, para satisfazer ao critério de unidimensionalidade, é necessário e suficiente admitir que uma habilidade

dominante seja responsável pelo fenômeno empírico observado, em nosso caso, pelas respostas aos itens que compõem os testes. O entendimento sobre um determinado conceito, por exemplo, pode ser inferido através de um teste em que outras habilidades podem influenciar na mensuração do traço latente, a citar a habilidade de leitura do indivíduo.

Diante dessa condição, é possível desenvolver alguns procedimentos e estimativas úteis que apontem para uma possível unidimensionalidade da variável latente. Para isso, é preciso avaliar índices que indicam o ajuste dos dados a este critério teórico (BOND; FOX, 2007). Este ajuste está atrelado à validade e confiabilidade do instrumento quanto ao acesso ao traço latente, pois uma vez que o significado deste seja conhecido, a capacidade de interpretação dos achados fica garantida (BOND; FOX, 2007).

Da família Rasch, o modelo logístico simples ou modelo dicotômico de Rasch pressupõe que o fenômeno empírico (respostas aos itens) é função de dois fatores<sup>31</sup>: habilidade  $\beta$  (característica do indivíduo) e dificuldade  $\delta$  (atributo do item). Assim, para responder a certo item, “o sujeito mobiliza determinada habilidade, ou seja, um parâmetro próprio da pessoa” (AMANTES, 2009, p. 63).

Este modelo assume que o sujeito possui certo nível de magnitude do traço latente, designado por theta ( $\theta$ ), o qual é determinado através da análise das respostas dos sujeitos por meio de uma função de resposta ao item logística. Em nosso caso, o traço latente equivale ao entendimento sobre conceitos envolvidos no fenômeno estudado e o fenômeno empírico corresponde às respostas dos estudantes aos itens que constituem os testes de conhecimentos. Desta forma, cada um dos itens de um teste deve contribuir para a medida do construto a ser investigado.

Tal função matemática deve expressar, portanto, a associação entre a resposta de um indivíduo para um item e o traço latente a ser medido pelo instrumento. Assim, a equação que calcula a probabilidade ( $P$ ) de uma pessoa ( $p$ ) acertar um ( $i$ ), dadas a habilidade da pessoa ( $\beta_p$ ) e a dificuldade do item ( $\delta_i$ ) é

<sup>31</sup> Tanto a habilidade da pessoa quanto a dificuldade do item são atributos latentes. No modelo dicotômico de Rasch não são considerados parâmetros relativos à discriminação do item e respostas dadas ao acaso. Por isso, este modelo também é chamado de modelo de 1 parâmetro (a dificuldade do item).

$$P(x_{pi} = 1 | \beta_p, \delta_i) = \frac{e^{(\beta_p - \delta_i)}}{1 + e^{(\beta_p - \delta_i)}} \quad (1)$$

em que

$P(x_{pi} = 1 | \beta_p, \delta_i)$  = probabilidade de acerto do item i

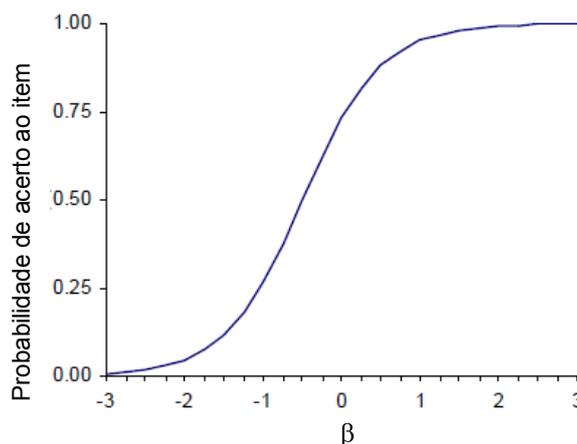
$x_{pi}$  = resposta x feita pela pessoa p ao item i

$\beta_p$  = parâmetro da pessoa p

$\delta_i$  = parâmetro do item i

A diferença entre a habilidade da pessoa  $\beta_p$  e a dificuldade do item  $\delta_i$  se refere à magnitude do traço latente  $\theta$ . Através da equação (1), que descreve o modelo dicotômico de Rasch<sup>32</sup>, é possível notar que a probabilidade do indivíduo responder corretamente um item será maior quanto maior for o traço latente  $\theta$ , sendo  $\theta = \beta_p - \delta_i$ .

Se representarmos graficamente as probabilidades de acerto de um item em função da variável latente  $\theta$  que desejamos mensurar, obteremos a curva característica de um item (CCI), apresentada na Figura 5. Esta curva fornece pistas sobre as probabilidades de um item i ser respondido corretamente por indivíduos com qualquer nível de habilidade/ proficiência (COUTO; PRIMI, 2011).



**Figura 5.** Curva Característica de um Item dicotômico  
Fonte: Reeve (2002)

<sup>32</sup> Este modelo foi posteriormente expandido de forma a agregar itens de natureza politômica (BORSBOOM; MELLENBERGH; VAN HEERDEN, 2003; ANDRICH, 1978)

Tanto a habilidade  $\beta$  do sujeito  $p$ , quanto a dificuldade  $\delta$  do item  $i$  podem ser estimadas a partir das seguintes expressões

$$\beta_p = \ln\left(\frac{P_p}{1 - P_p}\right) \quad (2)$$

$$\delta_i = \ln\left(\frac{1 - P_i}{P_i}\right) \quad (3)$$

em que  $P_p$  e  $P_i$  são probabilidades calculadas a partir da matriz de respostas aos itens obtida dos dados de pesquisa.

Com a finalidade de esclarecer o que discutimos acima, consideremos a Tabela 3 em que apresentamos as respostas de cinco indivíduos a cinco itens que compõem um teste hipotético. Nesses dados, o "1" corresponde a uma resposta corretamente respondida e o "0" representa uma resposta incorreta.

**Tabela 3.** Exemplo de dados brutos correspondentes à resposta a cinco itens que constituem um teste hipotético

Pessoa	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Prob. acertar	Prob. errar*	Medida de $\beta$
P1	1	1	1	0	0	3/5 = 0,6	0,4	0,41
P2	0	0	0	1	1	2/5 = 0,4	0,6	-0,41
P3	1	1	1	1	0	4/5 = 0,8	0,2	1,39
P4	1	0	0	0	0	1/5 = 0,2	0,8	-1,39
P5	1	1	0	0	0	2/5 = 0,4	0,6	-0,41
Prob. acertar	4/5 = 0,8	3/5 = 0,6	2/5 = 0,4	2/5 = 0,4	1/5 = 0,2			
Prob. errar*	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8			
Medida de $\delta$	-1,39	-0,41	0,41	0,41	1,39			

\*Probabilidade de erro a um item = 1 – Probabilidade de acerto

Através das expressões (2) e (3) e do exemplo exposto, podemos observar que a dificuldade do item e a habilidade do sujeito são variáveis separáveis. Ou seja, os parâmetros dificuldade do item e habilidade do sujeito que compõe a amostra respondente são independentes entre si (MEAD, 2008).

Esta propriedade, pautada em um dos axiomas da TMAC, corresponde a um dos princípios norteadores do Modelo Rasch: o princípio da objetividade específica. A partir dele é possível realizar “comparações entre itens sem referência às pessoas

e comparações entre pessoas sem referência aos itens” (MEAD, 2008, p. 9, tradução nossa).

Integrado a este princípio, outro pressuposto importante deste modelo é a independência local, o qual estabelece que a probabilidade de responder corretamente ou errar um determinado item não deve depender do acerto ou erro de outro item (REEVE, 2002; CHACHAMOVICH, 2007).

Em resumo, para garantir a aplicação do Modelo Rasch é necessário que três condições ou pressupostos sejam satisfeitos (GOLINO; GOMES, 2015b):

- (1) Unidimensionalidade do traço latente a ser medido;
- (2) Independência local dos parâmetros;
- (3) Ajuste dos itens do instrumento ao modelo.

Caso tais condições sejam atendidas, uma das vantagens da utilização do Modelo Rasch reside na possibilidade de analisar os parâmetros do sujeito e do item através de uma escala intervalar que cria um contínuo que permite a localização destes diretamente numa mesma “régua”.

A unidade de medida nessa escala intervalar é chamada de *logit* (contração para *log odds unit* = unidades logarítmicas de probabilidade), determinada, segundo este modelo, pela diferença entre a habilidade e a dificuldade (GOLINO; GOMES, 2015b). A escala *logit* é, portanto, uma escala intervalar na qual as unidades de *logit* possuem o mesmo tamanho (BOND; FOX, 2007). Assim, cada item e pessoa são localizados ordenadamente nessa escala de acordo com seu valor estimado.

Supondo que os pressupostos já explicitados sejam atendidos, a Modelagem Rasch, por conceber a medida do traço latente em uma escala intervalar (escala *logit*), permite-nos, mais facilmente que escalas ordinais, (a) interpretar as diferenças da variável em análise, (b) utilizar estatísticas paramétricas para analisar os dados (PASQUALI, 1996; AMANTES; COELHO, MARINHO, 2015a; GOLINO; GOMES, 2015b), bem como realizar “inferências consistentes sobre as diferenças entre as unidades com as quais lidamos” (AMANTES; COELHO; MARINHO, 2015b, p. 399). Como nosso estudo pretende verificar mudanças no traço latente ao longo do tempo, a obtenção de uma métrica comum e estável que admita comparações é crucial para procedimentos de análise.

Em nossa pesquisa, tais inferências dirão respeito ao entendimento dos estudantes sobre conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. Este é o traço latente que desejamos medir a partir da relação entre variáveis (habilidade e

dificuldade) e o fenômeno empírico (respostas aos itens que compõem o instrumento). De acordo com AMANTES (2005), a habilidade em realizar tarefas, como a solução de problemas envolvendo determinados conceitos, é um forte indicador para o entendimento sobre esses conceitos. Isto significa que um estudante X com habilidade maior que um sujeito Y, teria maior probabilidade de responder corretamente itens com maiores dificuldades, o que nos levaria a inferir que o nível de entendimento alcançado pelo sujeito X é superior ao educando Y.

Entender os fatores que interferem no progresso do entendimento do indivíduo no âmbito educacional, descrevendo os caminhos através dos quais os conceitos se desenvolvem, avaliando a proposição de itens e estratégias de ensino, dentre outras ações de caráter pedagógico, podem refletir diretamente sobre a *práxis*, pois nos impulsionaria a adotar metodologias de ensino e avaliação com vista para o desenvolvimento de habilidades, construção de instrumentos e elaboração currículos que atendam, de maneira mais eficaz, as demandas de todos os estudantes.

# ← O Processo Criativo

1

## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese

## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico

## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

9

## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

11

## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras

## 6 Referências

## Anexos

## Apêndices

14

2

## ARTIGO 1

Indicação de periódico: Caderno Brasileiro de Ensino de Física

# CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM JOGO DIDÁTICO VOLTADO PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA

### Resumo

Esse artigo apresenta o processo de construção e validação de um jogo didático (JD) desenhado com o intuito de ensinar conceitos envolvidos no estudo da Hidrostática. Para a proposição desta ferramenta, apoiamos-nos em orientações de design de materiais didáticos expostas em trabalhos com foco em jogos. Após a elaboração do primeiro protótipo, submetemos o JD à apreciação de 15 professores da Educação Básica e/ou pesquisadores em Ensino de Ciências. Com base na avaliação desses sujeitos, foi gerado um segundo protótipo que foi submetido a 51 estudantes de uma escola pública federal. A coleta dos dados foi realizada, basicamente, por meio de questionários e a análise destes contou com o emprego de métodos mistos. Dessa análise, produzimos um terceiro protótipo do JD, de forma que esse material de ensino estivesse mais bem ajustado aos objetivos pedagógicos e ao desenho de uma pesquisa educacional. Apesar de processos de validação de instrumentos de pesquisa e materiais de ensino não garantirem necessariamente resultados positivos no âmbito de uma investigação mais abrangente, eles representam uma etapa crucial para a obtenção de resultados mais precisos e confiáveis.

**Palavras-chave:** Validação; Jogo didático; Estudo Dirigido; Ensino de Ciências.

### Abstract

This article presents the process of construction and validation of a didactic game (DG) designed to teaching concepts involved in the study of Hydrostatics. For the proposition of this tool, we support in the design guidelines of didactic materials published in works with a focus on games. After the elaboration of the first prototype, we submitted DG to the assessment of 15 teachers of basic education and/or researchers in science education. Based on the evaluation of these subjects, a second prototype was generated and submitted to 51 students from a federal public school. The data collection was carried out, basically, through questionnaires. The analysis consisted of the use of mixed methods. From this analysis, we produced a third prototype of DG to be used in an educational intervention. This prototype was better adjusted to the pedagogical objectives and to the design of an educational research. Although validation processes of research instruments and teaching materials do not necessarily guarantee positive results in the context of a broader investigation, they represent a crucial step towards obtaining more accurate results and Reliable.

**Keywords:** Validation; Educational games; Directed study; Science Teaching.

## 1 INTRODUÇÃO

Estratégias de ensino fundamentadas meramente na transmissão de conhecimento vêm sendo amplamente discutidas no contexto da educação em ciências e consideradas como insuficientes para assegurar que os estudantes aprendam conceitos científicos (MARTINS; SALGADO, 2018; FERRARO, 2015; ROSA; ROSA, 2012; CLEMENT; TERRAZZAN, 2012; LABURÚ, ARRUDA, NARDI, 2003). Tais estratégias encontram-se atreladas a antigos paradigmas pedagógicos ancorados à lógica da educação “bancária”, em que se privilegia a audição em detrimento à fala e o foco do ensino e aprendizagem está centrado no professor.

Este cenário, no qual o ensino de Física vem refletindo esse *modus operandi*, acaba por apresentar essa ciência de forma desarticulada da vida do estudante, estimulando uma aprendizagem meramente mecânica (MOREIRA, 2014) e inviabilizando o empoderamento do conhecimento científico produzido no contexto escolar pelo educando. Com o propósito de ofertar condições para que os estudantes aprendam, Laburú, Arruda e Nardi (2003) defendem que quanto mais plural for o meio intelectual, metodológico ou didático fornecido pelo professor, maiores serão as possibilidades de aprendizagem. Isto aponta para a diversidade de situações e ambientes de ensino capazes de promover efetivamente a interação e iteração entre o sujeito e o objeto (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003). No ambiente escolar, essa interação é mediada (não raramente) pelo material didático.

Na literatura, a definição de material didático é multifocal e muitos são os termos<sup>33</sup> que designam este elemento. Independentemente da diversidade de termos e definições, faz-se necessário reconhecer o potencial destes recursos quanto à sua capacidade de mediação do diálogo entre o conhecimento, estudantes e o professor. Um desses recursos que vem ganhando espaço nas pesquisas educacionais é os jogos educacionais.

Contudo, embora tenha aumentado o interesse de pesquisadores sobre tais ferramentas nos últimos anos, segundo Cunha (2012), as investigações produzidas restringem-se, em geral, à descrição de atividades para sala de aula e à análise

<sup>33</sup> Palavras como recurso, dispositivo, instrumento, ferramenta, articuladas a ensino, didático, instrucional, educacional, dentre outros termos, são expressões provavelmente encontradas na literatura educacional como sinônimos para “material didático”. Neste trabalho, elas também são tratadas como termos semelhantes.

sobre a percepção dos estudantes sobre tais atividades, apresentando pouco aprofundamento teórico sobre o tema, conforme também indicam Neto e Moradillo (2013), ou qualquer estudo sobre efetividade da ferramenta de ensino, como aponta Silva (2014).

Neste sentido, o objetivo desse trabalho é (i) apresentar o processo de construção de um jogo didático que se constitui como um dos objetos de uma intervenção educacional, bem como (ii) os procedimentos para a sua validação. Estes procedimentos correspondem à etapa crucial de uma investigação mais geral que procura averiguar a aprendizagem de conceitos científicos a partir de jogos didáticos.

De acordo com Anastasi (1986), o processo de validação de um instrumento se inicia com definições ou detalhamento do construto. Tais definições, que orientam a construção do instrumento, devem estar apoiadas em teorias, pesquisas prévias ou observações sistemáticas. Após a sua construção, análises com base em dados coletados empiricamente devem ser realizadas com o propósito de avaliar a adequação do instrumento.

Outros autores (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004; PASQUALI, 2009) concebem o processo de validação em pesquisas psicossociais como estudos essenciais para o desenvolvimento das investigações, uma vez que através deles é possível obter maior confiabilidade no acesso ao traço latente a ser investigado, assim como, confere ao estudo maior coerência interna em relação aos procedimentos investigativos (AMANTES, COELHO, MARINHO, 2015) e validade no que tange as interpretações dos dados obtidos a partir dos instrumentos. Por isso, é imperativo avaliar a validade dos instrumentos, sejam eles testes, atividades ou materiais didáticos, com o intuito de garantir o atendimento aos objetivos e planejamentos previamente definidos (pedagógicos ou não) e/ou o acesso ao construto pretendido.

Em geral, estudos que envolvem a validação de instrumentos recorrem a uma série de técnicas voltadas para a demonstração da validade dos instrumentos. Segundo Alexandre e Coluci (2011), considera-se um instrumento válido quando ele consegue atender o objetivo para o qual ele se propôs. A avaliação deste objetivo ocorre a partir da análise de dois parâmetros: a confiabilidade e validade do instrumento. Tais parâmetros são requisitos básicos para minimizar a possibilidade de julgamentos subjetivos do pesquisador (RAYMUNDO, 2009). Desse modo, o

processo de validação do material didático deve apontar para instrumentos mais fidedignos e coerentes aos objetivos pedagógicos, tornando-se mais adequados para aplicação em sala de aula. Afinal, a qualidade da interação entre sujeitos e o conhecimento abordado, mediada pelos dispositivos pedagógicos, poderá impactar, direta ou indiretamente, no atributo latente<sup>34</sup> a ser analisado.

## 2 DESIGN DA FERRAMENTA DE ENSINO

O material didático focalizado nesse artigo é um jogo didático, mais estritamente um jogo de tabuleiro, projetado pelas autoras desse estudo e colaboradores e intitulado **Kuank: uma aventura em diferentes mundos**. Este se configura como objeto de uma intervenção pedagógica aplicada no contexto de uma pesquisa mais abrangente cujo objetivo é investigar a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos científicos a partir da interação com duas ferramentas didáticas de natureza distintas: o jogo didático e o estudo dirigido.

Ainda que esta ferramenta esteja vinculada a uma investigação educacional, a sua elaboração está voltada unicamente para o ensino de conceitos físicos, isto é, não está relacionada a quaisquer questões agendadas na pesquisa. Além da aquisição de conhecimentos específicos, este recurso deve possibilitar o desenvolvimento da autonomia, criatividade e a interatividade, seja entre os sujeitos participantes da intervenção, entre estes e o conteúdo físico ou ainda com a professora-pesquisadora. Tal desenvolvimento está associado à mobilização de um conjunto de habilidades com a finalidade de executar as tarefas propostas em cada um destes dispositivos.

O instrumento pedagógico apresentado nesse trabalho possui atributos que o diferencia quanto à natureza e espécie (produto pedagógico e material instrucional) (BANDEIRA, 2009). Com base nesses aspectos, classificamos, a princípio, o jogo didático como um produto pedagógico de natureza potencialmente lúdica.

<sup>34</sup> A aprendizagem é concebida como um processo que pressupõe a evolução de um traço latente (FISCHER, 2006). Tal traço latente (em nosso caso, entendimento) não pode ser acessado diretamente, mas sim dimensionado a partir de observáveis manifestados durante a intervenção educacional.

O termo “potencialmente” é aqui adotado devido à concepção de ludicidade em que estamos apoiados. Entendemos ludicidade ou experiência lúdica como um estado interno que só pode ser vivenciado e descrito unicamente pelo sujeito (LUCKESI, 2014). Isto significa que, a depender dos sentimentos que se façam presentes numa determinada situação (didática ou não), o que é lúdico para um indivíduo pode não ser para outro.

De modo geral, os jogos educacionais tendem a equilibrar a função lúdica e a educativa. Os jogos didáticos, em particular, são dispositivos pedagógicos que aliam a função lúdica à possibilidade de ensino de conceitos e/ou conteúdos tipicamente escolares (CUNHA, 2012).

O fenômeno físico tratado nessa ferramenta é o de flutuação dos corpos. Tal conteúdo foi elencado tendo em vista (i) a omissão dos conteúdos relativos à Física de Fluidos nas escolas públicas da rede estadual de ensino; (ii) a aplicabilidade destes conceitos no cotidiano e (iii) a indicação presente nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais voltadas para o Ensino Médio, que sugere a inserção do conteúdo sobre hidrostática como um dos temas estruturadores para organizar o ensino deste componente curricular (BRASIL, 2002).

A abordagem deste fenômeno no material didático é realizada, predominantemente, sob a perspectiva conceitual e de aplicação destes conceitos no cotidiano, procurando estabelecer vínculos com outras áreas do conhecimento, bem como, contextualizar os conteúdos científicos abordados com o propósito de aproximar o ensino à realidade sociocultural dos indivíduos. Mesmo que esta tenha sido uma das decisões metodológicas que orientaram a criação desse recurso, características procedimentais, requeridas na realização de experimentos de baixo custo, foram integradas ao material didático.

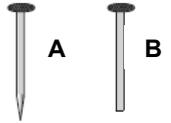
Dessa forma, procuramos promover um ambiente em que a resolução de problemas despertasse a participação, reflexão e criatividade dos educandos. Pesquisas vêm apontando a resolução de problemas como uma estratégia relevante no processo de aprendizagem (CLEMENT; TERRAZZAN, 2012; MORGADO *et al.*, 2016; ALLEN; DUCH; GROH, 1996), uma vez que para resolvê-los o sujeito necessita mobilizar um conjunto de habilidades.

No caso do JD, essas habilidades são requeridas em três tarefas de categorias distintas, são elas: responder às perguntas do tipo “Diga o que é”,

“Explique por que” e executar os desafios “Faça você”. Considerando cada uma dessas tarefas, temos: 33 questões do gênero “Diga o que é”; 27 questões “Explique por que” e 4 tarefas procedimentais (desafios “Faça você”). Para as 60 perguntas que integram o jogo, há um cartão de resposta correspondente, assim como para cada desafio, existe um *kit* experimental.

No Quadro 3 apresentamos uma amostra de cada um dos tipos de tarefas presentes no jogo didático.

**Quadro 3.** Exemplo de questões presentes no jogo didático

QUESTÕES	EXEMPLO
“Diga o que é”	10. O Mar Morto, na verdade, é um lago de água salgada, localizado entre a Jordânia, Israel e a Cisjordânia. Nele, uma pessoa pode flutuar facilmente, com parte de seu corpo fora da água. Qual é a propriedade desta água que torna isto possível? (a) pressão (b) peso (c) densidade Resposta. C
“Explique por que”	3. Qual dos dois pregos penetrará mais facilmente na parede? (a) O prego tipo B, pois possui maior área de contato (b) O prego tipo A, pois possui menor área de contato (c) Os dois porque ambos são pregos Resposta. B 
“Faça você”	1. Equilibre o peso de um dos seus oponentes sobre balões <i>Kit</i> experimental: 10 bexigas e 1 plataforma de madeira MDF

As regras, bem como outros elementos que constituem a mecânica, estética e dinâmica do jogo, sofreram alterações após a análise das críticas dos sujeitos envolvidos em um processo de validação sequencial. Isto é, dois grupos distintos de sujeitos avaliaram a ferramenta consecutivamente, gerando o seguinte caminho: Formulação do jogo → Interação 1 → Avaliação 1 → Reformulação 1 → Interação 2 → Avaliação 2 → Reformulação 2.

O processo de formulação do jogo consistiu das seguintes etapas: leitura de textos pertencentes à literatura especializada sobre jogos didáticos e jogos de tabuleiro (também conhecidos como *Board Games* ou, simplesmente, BG); análise de alguns exemplares de jogos deste tipo à disposição no mercado; e discussões com um grupo de pessoas envolvidas na sua criação. A partir do protótipo inicial do BG, um novo protótipo foi criado em cada uma das fases de reformulação do caminho anteriormente citado, sendo testados, portanto, dois protótipos até a

obtenção de um produto melhor ajustado aos objetivos pedagógicos e a critérios de jogabilidade (ou *gameplay*).

De acordo com Duarte (2012), durante o processo de prototipagem é ideal para o aperfeiçoamento da mecânica do jogo, pois as atenções devem estar voltadas mais para as regras do jogo do que para a arte ou à tecnologia. Isto pode contribuir para um *gameplay* de qualidade.

Para Prensky (2002, 2007), a adoção de atributos de *games* em jogos não-digitais desempenha papel importante na criação de artefatos envolventes, visto que suas características impactam sobre a jogabilidade. Com base nesse argumento, propomos um jogo didático fundamentado nas seguintes características de jogos eletrônicos: sistemas de recompensa e punição, desafios, *feedbacks*, níveis de dificuldade crescente e possibilidade de tratamento do erro a partir da interação entre seus jogadores. No tabuleiro, apresentado na Figura 6, estão expressas algumas dessas características.

O tabuleiro se refere a um jogo de trilha, cujo objetivo é resgatar um dos personagens do jogo (Dr. Float). Para isso, Kuank deverá atravessar quatro distintos mundos representados no tabuleiro por uma casa circular e um “balão” de identificação. Para mudar de um mundo para outro, é necessária a aquisição de um determinado número de anéis. Anéis e peças são recompensas por executar as tarefas corretamente. Para cada uma das categorias de tarefas realizadas, existe uma recompensa específica.

As tarefas “Faça você” somente poderão ser concretizadas pelo jogador se este obtiver um determinado número de peças para a troca por *kits* experimentais. Caso o jogador não alcance o número de peças para realizar um desafio “Faça você” ou não possua o número de anéis necessário para mudar de mundo, há uma punição prevista: retroceder até o início do mundo em que o pino pertencente ao jogador está posicionado.

O controle das respostas para cada uma das tarefas propostas pode ser obtido a partir dos cartões de respostas das questões e da execução inequívoca dos desafios “Faça você”. Isto representa os possíveis *feedbacks* do jogo.

Tanto responder às questões corretamente, quanto realizar atividades de caráter procedimental, configuram-se como desafios impostos ao jogador.

O nível de dificuldade crescente traduz-se na dificuldade em viajar entre os mundos à medida que o jogador progride no tabuleiro. Isso requer que o jogador

aumente sua eficiência ao executar as tarefas, visto que em cada mundo ocorre uma diminuição das casas do tabuleiro, reduzindo-se a oferta de recompensa.



Figura 6. Layout do tabuleiro do jogo **Kuank: uma aventura em diferentes mundos**.

**Kuank** é um jogo que deve ser jogado por dois ou três participantes. Vencerá a corrida, o estudante que completar a trilha ou quando o tempo disponível para o jogo se esgotar. Neste último caso, vencerá aquele que tiver avançado mais no tabuleiro, ou havendo empate, aquele que possuir mais “vale anéis”.

Neste cenário, espera-se que os alunos não somente interajam com os conceitos envolvidos no fenômeno em estudo, como também mobilizem distintas habilidades e testem diversas estratégias, lidando, inclusive, com as consequências das decisões tomadas e com os sentimentos que poderão emergir no contexto desta interação.

### 3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Os sujeitos envolvidos no processo de validação correspondem aqueles que cooperaram para a obtenção de um dispositivo pedagógico melhor ajustado aos

objetivos de ensino. Nessa seção, apresentamos uma breve descrição destes sujeitos, bem como o processo de elaboração e aplicação dos instrumentos para a validação do JD. Os dados coletados se referem às respostas dos indivíduos aos itens que compõem tais instrumentos. Estes dados foram analisados através de métodos quantitativos e qualitativos.

### **Sujeitos e contextos da pesquisa**

Nessa que corresponde à primeira fase de uma investigação mais abrangente, contamos com a participação de: (i) 15 especialistas, professores da Educação Básica licenciados em Física, Química, Biologia ou Matemática e/ou pesquisadores da área de Ensino, Filosofia e História das Ciências, para avaliar o jogo didático; e (ii) 51 estudantes do Ensino Médio pertencentes à rede pública federal de ensino técnico para analisar esta mesma ferramenta.

Tais estudantes, no período da coleta de dados, estavam regularmente matriculados na 3ª série de cursos técnicos integrados em uma instituição de ensino profissionalizante localizada na cidade de Salvador, Bahia. Isto significa que todos os estudantes já haviam tido contato com o conteúdo de Hidrostática em algum momento do seu período formativo.

Apesar de a amostra de conveniência<sup>35</sup> ter sido organizada por grupos (especialistas e estudantes), como ambos os grupos desempenharam as mesmas funções, consideramos que validação do JD é do tipo validação por juízes.

### **Construção das ferramentas de validação do material didático**

Um dos objetivos da validação por juízes de uma ferramenta de caráter instrucional consiste em analisar a representatividade, clareza e precisão do conteúdo. No caso do jogo didático, não seria requerido que os juízes avaliassem a ferramenta quanto ao conteúdo propriamente dito e os parâmetros de análise da ferramenta versavam, por exemplo, sobre os elementos da mecânica do jogo,

<sup>35</sup> A distribuição amostral dos sujeitos participantes desta fase da pesquisa pode ser classificada como uma amostra de conveniência, pois os grupos formados constituíram-se de estudantes pertencentes a uma mesma sala de aula ou especialistas vinculados a um determinado grupo social (professores da Edc. Básica e/ou pesquisadores de Ensino de Ciências) (CRESWELL, 2007).

jogabilidade, o equilíbrio entre aspectos pedagógicos e lúdicos, dentre outros. Por isso, o convite incluiu estudantes do Ensino Médio e indivíduos com formação inicial em ensino de Ciências Naturais.

Para iniciar o processo de validação, foi necessário elaborar dois questionários de avaliação para cada um dos grupos de avaliadores (especialistas e estudantes). As diferenças entre os questionários de validação respondidos pelos especialistas e pelos estudantes dizem respeito à formatação do instrumento e à adequação da linguagem para cada um dos grupos amostrais. Eles eram compostos por um total de 14 itens. Para as questões direcionadas aos objetivos pedagógicos, existe uma alternativa que nós, pesquisadores, consideramos a que mais se aproximava do propósito previamente estabelecido.

Quadro 4 oferece exemplos de questões que compõem o instrumento aplicado junto aos especialistas. Para fins de ilustração, segue questão presente no instrumento voltado aos alunos equivalente à questão 11 exposta no quadro anterior.

11. Qual a melhor forma, na sua opinião, de utilizar esse recurso?
- (a)  antes do professor começar o assunto
- (b)  depois que o professor terminar o assunto
- (c)  como atividade de revisão ou de avaliação
- (d)  outra: \_\_\_\_\_

**Quadro 4.** Exemplo de questões presentes no questionário de validação para avaliação BG

Perguntas	Alternativas	Comentários
11. Qual a melhor forma, na sua opinião, de utilizar esse recurso?	(a) <input type="checkbox"/> como ferramenta introdutória (b) <input type="checkbox"/> como ferramenta de aplicação de conhecimento (c) <input type="checkbox"/> como atividade de revisão ou de avaliação (d) <input type="checkbox"/> outra: _____	
13. Sobre a relação entre a jogabilidade (aspectos relativos ao tempo de resposta do jogador, como ele interage com a ferramenta, sistemas de recompensa, dentre outros) e a função pedagógica da ferramenta, você avalia que o jogo é:	(a) <input type="checkbox"/> somente lúdico. (b) <input type="checkbox"/> mais lúdico que pedagógico (c) <input type="checkbox"/> igualmente lúdico e pedagógico (d) <input type="checkbox"/> mais pedagógico que lúdico.	

Com a construção dos instrumentos de validação para cada um dos grupos de juízes, foi possível submeter à ferramenta à avaliação de cada um deles, sequencialmente. Isto é, o JD foi inicialmente avaliado pelos especialistas, reformulado e, somente após ter sido modificado (o que gerou um segundo protótipo) é que foi apreciado pelos estudantes.

## **Procedimentos de coleta e análise de dados**

A validação do jogo de tabuleiro (também chamado de *Board Games* ou BG) dividiu-se em duas etapas consecutivas. Para a primeira fase, foram convidados, via e-mail, cerca de 120 especialistas (professores da Educação Básica e/ou pesquisadores em Ensino, Filosofia ou História das Ciências), dentre os quais 15 aceitaram integrar à pesquisa. Estes formaram grupos de dois ou três jogadores segundo uma agenda previamente acordada. Após a interação com a ferramenta pedagógica, foi enviado, por e-mail, o questionário de validação referente ao BG. Após a análise dos dados obtidos a partir destes instrumentos, alteramos o protótipo conforme especificações indicadas pelos juízes que foram total ou parcialmente aceitas pelos autores desta pesquisa.

Isto gerou um segundo protótipo submetido à apreciação de 57 estudantes da rede pública federal de ensino, pertencentes a três turmas de cursos técnicos. Em cada turma, os educandos se organizaram em duplas ou trios de jogadores. Após jogarem, os alunos foram convidados a responderem ao questionário de validação impresso. Dos 57 estudantes, 51 retornaram o instrumento corretamente preenchido, que serviu como banco de dados para análise do segundo protótipo.

A unidade de análise corresponde, portanto, às respostas dos sujeitos aos itens que constituem cada um dos instrumentos. Os métodos utilizados para análise desses dados são de natureza qualitativa e quantitativa. Na próxima seção apresentamos o tratamento dos dados e os resultados obtidos deste processo de validação.

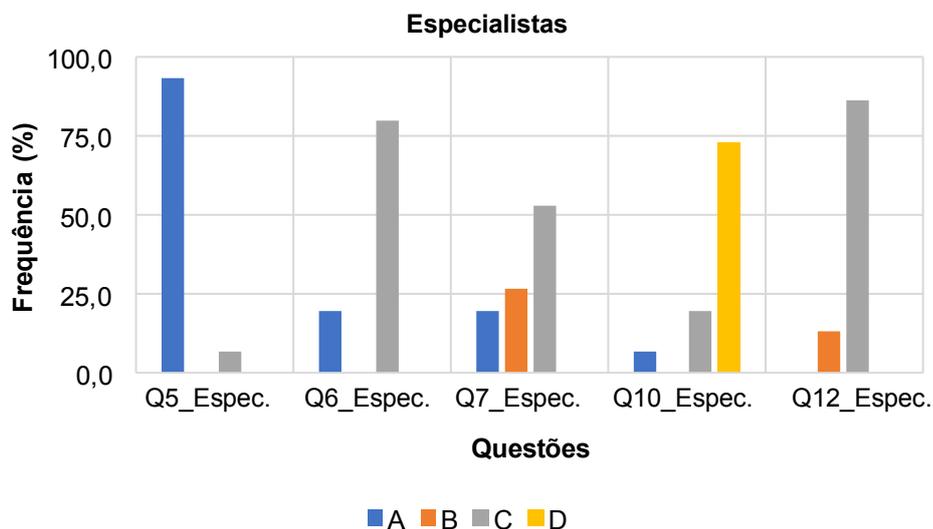
## **4 TRATAMENTO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Como a validação do jogo de tabuleiro foi dividida em duas partes, a análise dos dados coletados relativos a essa ferramenta ocorreu em dois momentos distintos e compreendeu as respostas a dois instrumentos de validação construídos para atender cada grupo amostral. Para o estudo desses dados, mobilizamos técnicas de natureza qualitativa e quantitativa. Com o intuito de facilitar as comparações entre o comportamento das respostas dadas por estes sujeitos, apresentamos as análises, sempre que possível, de forma pareada.

Tais análises envolveram a (i) determinação do IPC (Índice de Percentual de concordância) e (ii) análise dos comentários e categorização de sugestões registradas nos questionários de validação.

O IPC é considerado um índice diretamente interpretável e facilmente calculado (MCHUGH, 2012), por ser uma medida de frequência. Neste caso, verificamos a concordância global entre os juízes e, em seguida, compara-se com as respostas previamente indicadas. Tais medidas são representadas graficamente, geralmente, em barras.

Todos os 14 itens foram analisados sob essa perspectiva. As questões 5, 6 e 7 focalizam o objetivo pedagógico das tarefas “Diga o que é”, “Explique por que” e “Faça você”, respectivamente. De acordo com o Gráfico 1, para a maioria dos especialistas a tarefa (a) “Diga o que é” consiste em avaliar o entendimento conceitual do aluno; e (b) “Explique por que” procura verificar se o estudante consegue aplicar o conceito em diversas situações. Ambos os objetivos corroboram aqueles previamente estabelecidos pelos autores desta pesquisa. A questão 7 apresenta dispersão dos dados, o que indica que não há consenso sobre o objetivo pedagógico da tarefa “Faça você”.

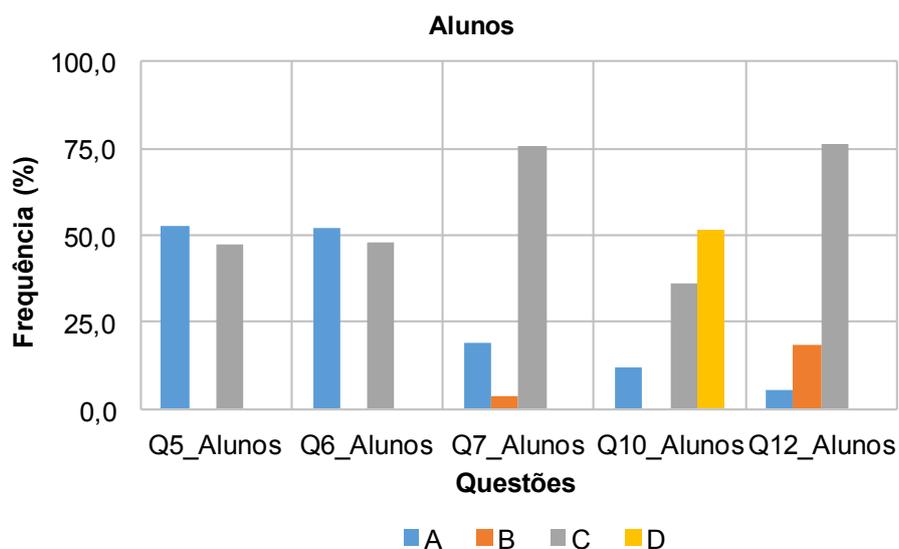


**Gráfico 1.** Distribuição das respostas dadas por 15 especialistas a um conjunto de itens presente no instrumento de validação do jogo didático  
Fonte. Dados da pesquisa

Segundo o comportamento dos dados no item 10 deste questionário, para a maioria dos especialistas o jogo didático atende tanto ao desenvolvimento de habilidades quanto da acepção acadêmica dos conceitos. Um dos avaliadores sinalizou que existem questões estritamente conceituais, questões de base procedimental e que estimulam a criatividade. Isto aponta, na opinião deste avaliador, as dimensões das habilidades mobilizadas durante a interação com a ferramenta. Estes resultados apontam características pedagógicas além daquelas previstas pelos pesquisadores, uma vez que esperávamos que o BG promovesse, preferencialmente, a apropriação de elementos relacionados aos conceitos envolvidos no fenômeno físico em estudo.

Quanto ao item 12, 86,7% dos especialistas considera que o objetivo educacional do jogo consiste em aplicar os conhecimentos sobre flutuação em diversas situações. Este resultado converge com o objetivo previamente esperado pelos autores desta pesquisa.

Quando comparamos estes resultados aos obtidos a partir dos questionários de 51 estudantes respondentes (Gráfico 2), verificamos que o padrão de respostas se mantém para alguns dos itens analisados (Q10 e Q12). Mas não há parâmetro para avaliar a clareza dos estudantes quanto à suas concepções sobre objetivos educacionais. Acreditamos que isso se revela na dispersão dos dados.



**Gráfico 2.** Distribuição das respostas dadas por 51 estudantes a um conjunto de itens presente no instrumento de validação do jogo didático  
Fonte. Dados da pesquisa

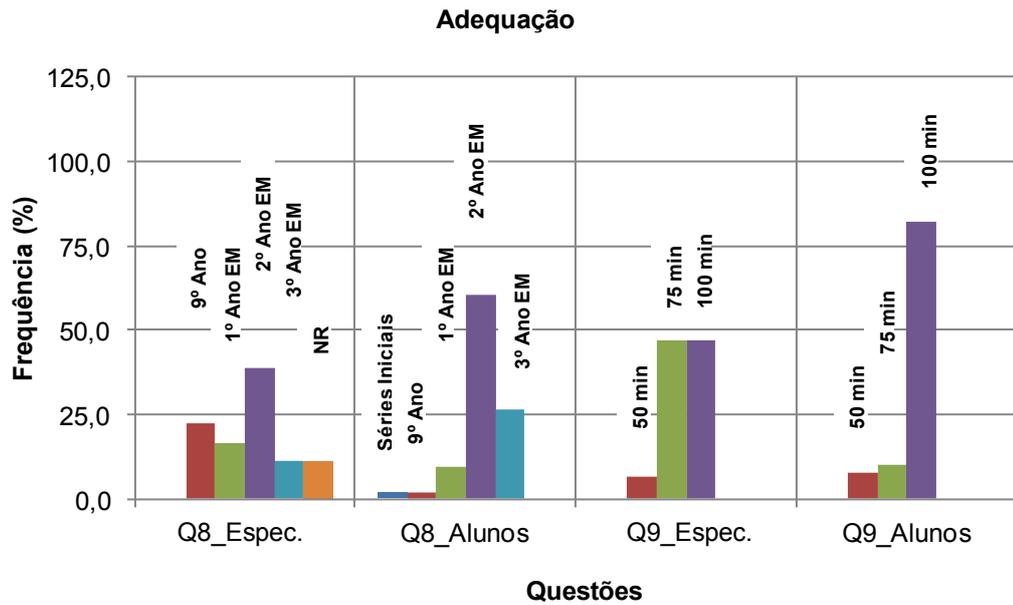
Além da análise sob a perspectiva dos objetivos pedagógicos do BG, procuramos avaliar outros critérios, tais como: adequação, jogabilidade, natureza e a relação entre estes últimos. Estes critérios compreendem um conjunto de questões presentes em ambos os instrumentos de validação. Deste modo, para avaliarmos o critério adequação focalizamos as questões 8 e 9 destes instrumentos. A primeira delas procura verificar a série mais adequada para aplicação do recurso, enquanto que o item 9, enfatiza o período de aplicação da ferramenta no contexto escolar.

A partir do Gráfico 3, verificamos que, embora o público considerado como mais adequado para interagir com a ferramenta tenha sido, em média, o 2º Ano do EM, pela dispersão dos dados parece não haver uma série característica para a aplicação do jogo didático, o que nos permite cogitar seu uso em turmas do 9º ano ao 3º Ano do Ensino Médio. Isto foi apontado pelo Espec.\_1 que não assinalou qualquer alternativa por considerar que o jogo pode ser aplicado a mais de uma série. A escolha dos estudantes por uma determinada série, assim como para os especialistas, foi mediada pela vinculação com o currículo da escola. Isto se reflete na posição do Espec.\_7 que por não saber a série em que é ministrado o conteúdo abordado no jogo, optou por não responder à questão.

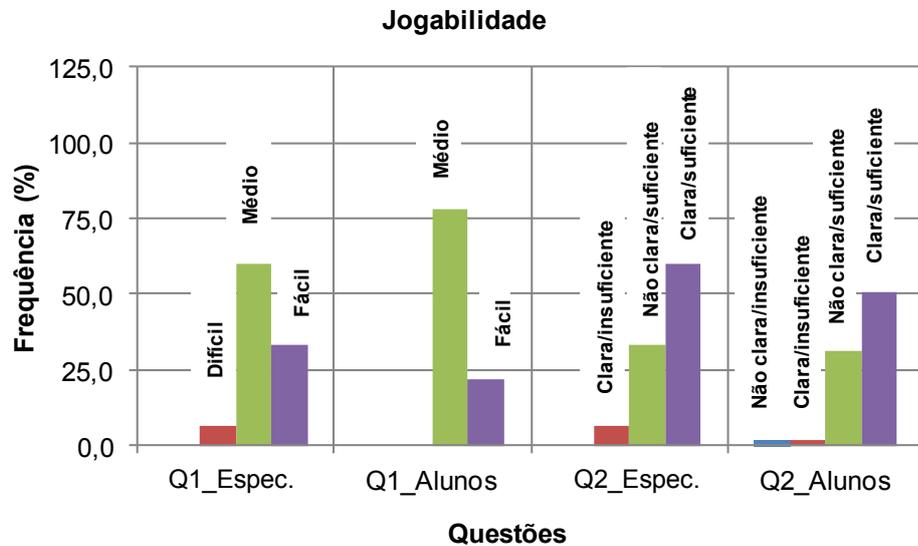
Quanto ao período para esta aplicação (Q9), este deve ser de até 100 min. Segundo comentários de 33,3% dos especialistas, o tempo de duração da partida pode sofrer influência de 3 fatores: (a) das próprias regras do jogo; (b) das características dos jogadores (como agilidade e disciplina); e (c) de fatores ao acaso inerentes à ferramenta.

As questões 1 e 2 dos questionários enfatizam aspectos relacionados à jogabilidade. A primeira procura averiguar o nível de dificuldade do jogo e a segunda, como as regras do jogo podem ser classificadas. O comportamento dos dados apresentados no Gráfico 4 aponta que estes parâmetros foram avaliados de maneira satisfatória. De acordo com os especialistas, o nível de dificuldade do jogo pode ser atribuído a dois aspectos: (a) ao conteúdo; (b) ao entendimento das regras do jogo. Faz-se necessário, portanto, reavaliar tais regras para que a clareza sobre este atributo seja majoritariamente assegurada, uma vez que este interfere na qualidade do *gameplay* (DUARTE, 2012; PRENSKY, 2002, 2007).

Aspectos relativos à natureza do jogo didático foram avaliados nos itens 3, 4 e 11 dos instrumentos de validação e a distribuição das respostas dadas pelos especialistas e estudantes para estes itens está apresentada no Gráfico 5.



**Gráfico 3.** Avaliação do critério adequação do BG segundo especialistas e estudantes. Foram avaliados a série mais adequada para a aplicação do jogo (Q8) e o período para esta aplicação (Q9)  
Fonte. Dados da pesquisa



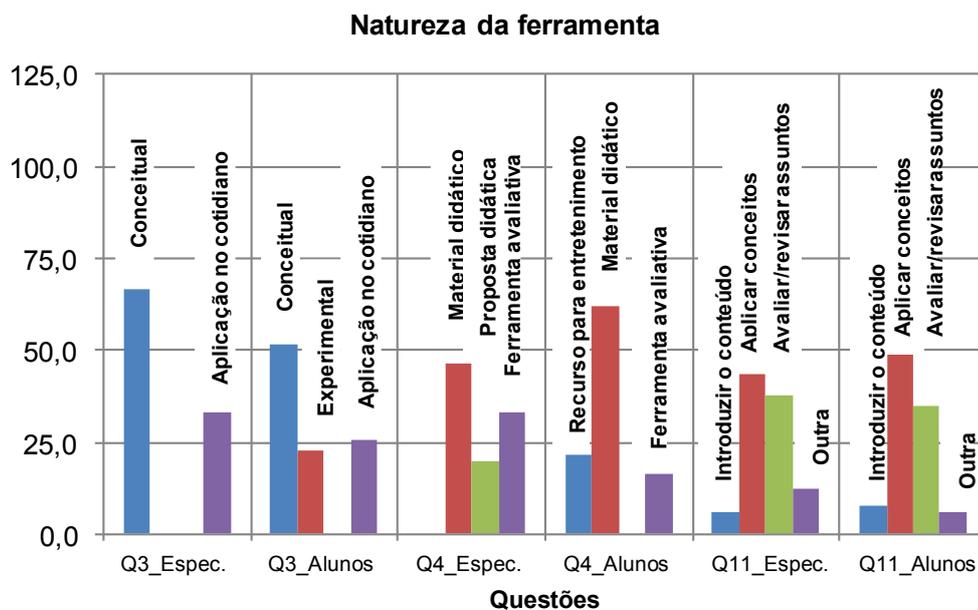
**Gráfico 4.** Análise de aspectos relativos à jogabilidade do BG segundo especialistas e estudantes. Foram avaliados o nível de dificuldade do jogo (Q1) e classificação das regras quanto à clareza (Q2)  
Fonte. Dados da pesquisa

A questão 3 procura avaliar qual a abordagem da ferramenta didática (conceitual, experimental, matemática ou de aplicação de conceitos no cotidiano). O item 4 focaliza a classificação do recurso em quatro categorias: (i) ferramenta de entretenimento; (ii) como material didático para aulas de Física, ou (iii) proposta didático, ou ainda como (iv) ferramenta avaliativa. A questão 11 versa sobre a

melhor forma de utilizar esse recurso: como ferramenta introdutória, de aplicação dos conceitos, ou material de revisão/avaliação dos conteúdos.

De maneira geral, os especialistas consideram que apesar do foco do jogo didático está nos conceitos envolvidos no fenômeno de flutuações, elementos do cotidiano e de natureza procedimental também foram contemplados. Isto se reflete no comportamento dos dados relacionados às respostas dos estudantes.

Conforme 5 dos 8 especialistas que comentaram a questão 4, este material pode ser classificado como recurso didático e ferramenta avaliativa. Para os demais, sua classificação dependerá do objetivo definido previamente pelo professor, uma vez que o jogo engloba mais de um objetivo educacional. Isto justifica a dispersão dos dados que caracterizam a análise desta questão, como também do item 11.

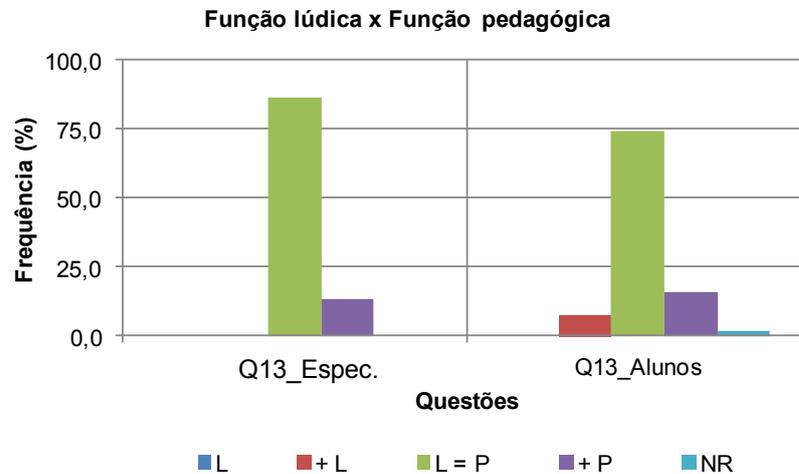


**Gráfico 5.** IPC para critérios relativos à natureza da ferramenta segundo especialistas e estudantes.  
Fonte. Dados da pesquisa

O item 13 de ambos os questionários de validação avalia a relação entre a função lúdica e a educativa. A distribuição das respostas está representada no

Gráfico 6 Para a maioria dos juízes, tanto especialistas quanto estudantes, o jogo apresenta equilíbrio entre esses dois aspectos, o que corrobora a classificação do jogo como didático, segundo a definição adotada nesta pesquisa (CUNHA, 2012). De acordo com comentários de dois especialistas, o jogo permite: (a) a aprendizagem tanto a partir do acerto quanto do erro e recursivas aplicações e

reflexões sobre os conceitos abordados; (b) que o aprendiz faça escolhas e busque soluções para um problema posto, estimulando a tomada de decisões.



**Gráfico 6.** IPC para critérios relativos à natureza da ferramenta segundo especialistas e estudantes.  
Fonte. Dados da pesquisa

A última etapa da validação do jogo didático compreendeu a análise dos comentários e sugestões realizados pelos juízes. Alguns desses comentários estão expostos a seguir:

“O jogo é muito bom, porém como é um jogo de tabuleiro acredito que deveria haver um outro estudo a respeito dos desafios para ser algo que possa ser utilizado várias vezes, não ser algo que esgote ou que sirva apenas para uma vez.”. (Estudante\_20)

“O jogo é perfeito. Reúne a diversão de um jogo de tabuleiro com o conhecimento, não apenas trazendo a parte "teórica" como a parte prática, no quesito dos desafios. Parabéns aos criadores”. (Estudante\_37)

“Acho a proposta do jogo de tabuleiro muito interessante, pois apesar do avanço desenfreado das ferramentas virtuais, este último necessita de um espaço e condições apropriados para sua realização, enquanto que o jogo de tabuleiro pode se adequar facilmente ao espaço, condições de iluminação, número de pessoas que podem jogar ao mesmo tempo etc. As regras estão bem claras e sua jogabilidade também é muito boa.” (Espec\_9)

“Gostei muito do jogo. A estrutura, as regras, o desenrolar das ações e as atividades tornam o jogo divertido sem tirar, no entanto, seu caráter pedagógico”. (Espec\_11)

As sugestões sinalizadas ao longo dos questionários de validação foram agrupadas em categorias e compiladas no Quadro 5. Um parecer dos autores deste trabalho frente ao que se propõe e uma breve justificativa para determinados posicionamentos complementam as informações presentes neste quadro.

**Quadro 5.** Sugestões sobre o BG realizadas pelos especialistas e estudantes e os respectivos pareceres segundo autores da pesquisa

Especialistas				Estudantes			
	Sugestão	Parecer	Justificativa		Sugestão	Parecer	Justificativa
1	Incluir artifício de o jogador avançar ou retornar de um mundo para outro através do sistema de recompensa ou punição ou por uma carta ou casa especial.	R	Pode encurtar o tempo do jogo significativamente e o propósito pedagógico se perder	1	Cronometrar respostas	A	Estabelecemos o tempo de resposta em 45s
2	Incluir situações em que os anéis possam ser úteis	PA	Rever este ponto após aplicação da intervenção	2	Corrigir tabuleiro (trocar a palavra cartões por peças)	A	
3	Tornar as regras mais claras, esclarecendo inclusive a vinculação entre cada desafio e o mundo	A	Aquilo que diz respeito à jogabilidade deverá ser reavaliado	3	Incluir explicação das respostas nos cartões das questões "Diga o que é" e "Explique por que"	R	Os estudantes devem levantar suas próprias hipóteses e testá-las em outras situações
4	Analisar o tempo de jogo, bem como durante a sua aplicação; tratar o funcionamento do tabuleiro e comentar a possibilidade de criar novas regras para melhorar a performance dos jogadores.	A		4	Melhorar o design do jogo e tabuleiro, bem como sua resistência	A	
5	Aumentar o número de perguntas e desafios	PA	Aumentar o número de desafios ampliará o tempo de jogo	5	Aumentar a variedade de questões relacionadas a outros assuntos e situações	R	O foco do jogo é hidrostática
6	Modificar os nomes de personagens e do próprio jogo para evitar trocadilhos	R	Caso necessário, esta avaliação será feita após a validação	6	Diminuir número de anéis para mudar de mundo (sugestão: 3 anéis)	A	5 anéis impactou negativamente no jogo
7	Melhorar a interação entre o jogo (tabuleiro, história do jogo) e os conceitos, justificando textualmente as razões para a viagem entre diferentes mundos	A		7	Aumentar o número de questões e desafios	R	Isto ampliará o tempo de jogo, tornando-o inviável se considerarmos o tempo de aula
8	Inserir alguma questão associada aos experimentos para quem faça e/ou para os demais participantes	A	Pode ajudar na questão da replicabilidade do mesmo desafio	8	Reformular regras com a finalidade de torná-las mais claras	A	Aquilo que diz respeito à jogabilidade deverá ser reavaliado

Especialistas				Estudantes			
	Sugestão	Parecer	Justificativa		Sugestão	Parecer	Justificativa
9	Ajustar o tabuleiro de forma que cada mundo tenha o mesmo número de casas e perguntas, igualando o nível de dificuldade ou que este nível de dificuldade aumente progressivamente	PA	Alargar a diferença do número de casas entre os mundos de forma a aumentar ainda mais o nível de dificuldade.	9	Aumentar o número de casas do tabuleiro e jogadores	R	Isto impactará no tempo de jogo, tornando-o inviável para ser utilizado em sala de aula
10	Criar novas regras relacionadas à barganha de anéis e peças.	PA	Rever este ponto após aplicação da intervenção	10	Reformular perguntas: fáceis ou repetidas	R	Perguntas reavaliadas e não estão repetidas. Quanto à facilidade, deve-se considerar que este grupo já havia estudado este conteúdo
11	Os totens ou os objetos que representam os jogadores pode ser um astronauta ou algo relacionado.	A	Rever este ponto após aplicação da intervenção	11	Utilizar materiais mais simples nos desafios	PA	
12	Diminuir o número de “pontos” para passar de uma fase a outra.	A		12	Repensar a correlação entre mundo e desafio	A	Rever essa sugestão após intervenção
13	Identificar as quantidades de peças para comprar cada kit experimental na sua correspondente etiqueta.	A		13	Incluir recompensa em todas as casas do tabuleiro	R	Isto impactaria negativamente na jogabilidade
14	Avisar aos jogadores quando um líquido for solúvel em outro	A		14	Incluir animações	R	Não desejamos mesclar elementos virtuais
15	Reavaliar características dos elementos experimentais dos	A	Rever necessidade de 15 plataformas e outros itens	15	Aumentar progressivamente a dificuldade das questões	R	As questões podem ser sorteadas
16	Rever conhecimentos de perguntas que envolvem efeitos do vácuo sobre seres humanos	R	Não foram identificados erros em conceitos físicos	16	Desenvolver o jogo para computador	A	
17	No Desafio 1, substituir “equilibre” por “repouse”.	R	O termo fisicamente mais apropriado é “equilibre”	17	Rever problema relativo à replicabilidade dos desafios	A	Inserir regra que garanta que o desafio seja inédito
18	Buscar dados em lojas de jogos para evitar “dados viciados”	A		18			

Nomenclatura: A = Aceita; PA = Parcialmente aceita; R = Rejeitada

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste artigo está voltado para o processo de construção e validação de uma ferramenta de ensino que se constitui como objeto de uma intervenção educacional: o jogo didático.

As análises dos dados dos questionários de validação aplicados a professores da Educação Básica e/ou pesquisadores em Ensino, Filosofia e História das Ciências e estudantes de uma instituição de ensino técnico situada em Salvador-Bahia, abrangeram técnicas de caráter quantitativo e qualitativo. A primeira delas resultou em estimativas que refletem o grau de concordância entre as respostas explicitadas pelos especialistas, estudantes e as respostas de referência previamente estabelecidas pelos autores desta pesquisa. Tais estimativas envolveram a determinação de um índice estatístico: o IPC. A segunda compreendeu a avaliação de comentários e sugestões dos sujeitos participantes.

Embora esse índice estatístico apresente limitações, a análise qualitativa e quantitativa apontou pontos fortes e fragilidades que resultaram em alterações para a versão final do dispositivo didático. Isso nos permitiu produzir uma ferramenta melhor adequada para uso em uma intervenção pedagógica que integra uma pesquisa educacional mais geral. Deste modo, reconhecendo que o processo de validação não se exaure (RAYMUNDO, 2009), consideramos que, de maneira geral, o último protótipo gerado a partir deste processo de validação representa um material de ensino suficientemente robusto e confiável.

## 6 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; COLUCI, Marina Zambon Orpinelli. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011

ALLEN, Deborah E.; DUCH, Barbara J.; GROH, Susan E. **The Power of Problem-Based Learning in Teaching Introductory Science Courses**. In Wilkerson, L. and Gijsselaers, Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice, New Directions for Teaching and Learning. San Francisco, Cal.: Jossey-Bass, p. 43-52, 1996

AMANTES, A. COELHO, G. R. MARINHO, R. A medida nas pesquisas em educação: empregando o modelo Rasch para acessar e avaliar traços latentes. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 3, p. 657-684, 2015

ANASTASI, Anne. Evolving concepts of test Validation. **Ann. Rev. Psychol.** v. 37, p. 1-15, 1986

BORSBOOM, Denny; MELLENBERGH, Gideon J.; VAN HEERDEN, Jaap. The Concept of Validity. **Psychological Review**, v. 111, n. 4, p. 1061–1071, 2004

BANDEIRA, D. **Material didático**: Conceito, classificação geral e aspectos da elaboração In H. Ciffone (Org.). Curso de materiais didáticos para smartphone e tablete. Curitiba: IESDE, p. 13-33, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa, **Experiências em Ensino de Ciências**, v.7, n. 2, p. 98-116, 2012

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa**: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. Porto Alegre: ARTMED, 2 ed., p. 161–183, 2007

CUNHA, Márcia Borin da. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Revista Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012

DUARTE, L.C. S. **Jogos de Tabuleiro no Design de Jogos Digitais**. In: Proceedings do XI SBGames, Trilha de Art & Design ,Brasília, November, 2012

FERRARO, José Luís Schifino. Considerações metodológicas e práticas frente à realidade do ensino de ciências, **Rev. ARETÉ**, v.8, n.16, p. 1-14, 2015

FISCHER, K. W. **Dynamic cycles of Cognitive and Brain development**. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). The educated brain. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. de M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências, **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003

LUCKESI, C. Ludicidade e formação do educador. **revista entreideias**, v. 3, n. 2, p. 13-23, 2014;

MARTINS, André Abreu; SALGADO, Tania Denise Miskinis. Ensino por pesquisa e avaliação: as concepções de um grupo de professores de ciências da natureza e

suas tecnologias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 223-247, 2018

MCHUGH, Mary L. Interrater reliability: the kappa statistic. **Biochemia Medica**. v. 22, n. 3, p. 276–282, 2012

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios os para o ensino da física na educação contemporânea**. In: Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, 2013; Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

MORGADO, S *et al.* Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas e ensino tradicional: um estudo centrado em “transformação de matéria e de energia. **Revista Ensaio**, v.18, n. 2, p.73-97, 2016

NETO, Hélio da Silva Messeder; MORADILLO, Edilson Fortuna de. **Ludicidade na Perspectiva Sociocultural: Contribuições para o Ensino e a Aprendizagem dos Conceitos Científicos**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, SP, 2013.

PASQUALI, Luiz. Psicometria. **Rev Esc Enferm USP**, v. 43(Esp), p. 992-999, 2009

PRENSKY, M. **Don't bother me Mom – I'm learning**. Paragon House Publishers, Minneapolis, 2007.

\_\_\_\_\_. The Motivation of Gameplay. **On The Horizon**, v. 10, n. 1, 2002

RAYMUNDO, Valéria Pinheiro. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, v. 44, n. 3, p. 86-93, 2009

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**, n. 58/2, 2012

SILVA, F. H. **Criar o próprio jogo didático ou apenas jogar?** Efeitos de diferentes estratégias de ensino na motivação e aprendizado de ciências. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014, 111f.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Capes pela concessão de bolsa de estudo, a Venicius Santos e Gîtã Aguiar pela importante contribuição na elaboração do jogo didático e aos sujeitos que participaram dessa etapa da pesquisa, cujas críticas nos ajudaram a melhorar o dispositivo em foco neste trabalho.

## ARTIGO 2

Indicação de periódico: Caderno Brasileiro de Ensino de Física

# CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE FERRAMENTA INSTRUCIONAL VOLTADA PARA O ENSINO DE FÍSICA

### Resumo

Esse artigo apresenta o processo de construção e validação de um estudo dirigido elaborado com o propósito de ensinar conceitos envolvidos no estudo da Hidrostática. Para a proposição desta ferramenta, apoiamos-nos em orientações de design de materiais didáticos expostas em trabalhos com foco na criação de recursos de caráter instrucional. Após a preparação do primeiro protótipo, submetemos o estudo dirigido à apreciação de 8 pares com formação inicial em Licenciatura em Física. A coleta dos dados foi realizada, basicamente, por meio de questionários e a análise destes contou com o emprego de métodos qualitativos e quantitativos. Desta análise, foi possível reformular a ferramenta de maneira a obtermos um material de ensino melhor ajustado aos objetivos pedagógicos e adequado ao desenho de uma pesquisa educacional. Embora a validação de instrumentos de pesquisa e materiais de ensino não seja garantia de resultados positivos no âmbito de uma investigação mais abrangente, este processo é uma importante etapa para a obtenção de resultados mais precisos e confiáveis.

**Palavras-chave:** Validação; Estudo Dirigido; Ensino de Ciências.

### Abstract

This article presents the process of construction and validation of a directed study, a didactic tool drawn up with the purpose of teaching concepts involved in the study of Hydrostatic. To the proposition of this tool, we support ourselves in orientations of design of didactic materials exposed in works with focus in instructional resources. After the preparation of the first prototype, the tool was submitted to the evaluation of 8 judges (Physic's teachers). The collection of data was basically conducts, through questionnaires and their analysis based on the use of qualitative and quantitative methods. From this analysis, it was possible to reformulate the educational tool in order to obtain a teaching material better adjusted to the pedagogical objectives and appropriate to the educational research design. Although the validation of instruments and materials does not guarantee positive results in the context of a more general research, this process is an important step towards obtaining more accurate and reliable results.

**Keywords:** Validation; Directed study; Science Teaching.

## 1 INTRODUÇÃO

Autores como Borsboom, Mellenbergh e Van Heerden (2004) e Pasquali (2009) concebem o processo de validação em pesquisas psicossociais, incluindo aquelas com fins educacionais, como estudos fundamentais, visto que através dele é possível obter maior confiabilidade no acesso ao traço latente a ser investigado, como também, confere maior coerência interna aos procedimentos investigativos (AMANTES, COELHO, MARINHO, 2015). A falta deste processo em uma pesquisa pode conduzir o pesquisador a interpretações equivocadas no momento de análise dos dados obtidos a partir dos instrumentos, impactando na qualidade da pesquisa. Por isso, é imperativo avaliar a validade dos instrumentos, sejam eles testes, atividades ou materiais didáticos, com o intuito de garantir se estes têm potencial de atender os objetivos e planejamentos previamente definidos (pedagógicos ou não) e/ou se acessam o conhecimento pretendido.

Em geral, estudos que envolvem a validação de instrumentos recorrem a uma série de técnicas voltadas para a demonstração da validade dos instrumentos. Estas técnicas procuram determinar a validade de construto (ou conceito), validade de conteúdo e validade de critério (RAYMUNDO, 2009; PASQUALI, 2009, 1996). Estas distintas formas de analisar a validade do instrumento devem (i) apontar para o ajuste dos dados à teoria sobre o atributo, (ii) verificar se os itens determinam o mesmo conteúdo em seus mais diversos aspectos, como também (iii) estabelecer um critério externo contra o qual o instrumento pode ser comparado.

Segundo Alexandre e Coluci (2011), considera-se um instrumento válido quando ele consegue atender o objetivo para o qual ele se propôs. A avaliação deste objetivo ocorre a partir da análise de dois parâmetros: a confiabilidade e validade do instrumento. Tais parâmetros são requisitos básicos para minimizar a possibilidade de julgamentos subjetivos do pesquisador (RAYMUNDO, 2009).

Deste modo, o processo de validação do material didático deve apontar para um instrumento mais fidedigno e coerente aos objetivos pedagógicos, tornando-se mais adequado para aplicação em sala de aula. Afinal, a qualidade da interação

entre sujeitos e o conhecimento abordado, mediada pelos dispositivos pedagógicos, poderá impactar, direta ou indiretamente, no atributo latente<sup>36</sup> a ser analisado.

Neste sentido, reconhecendo o potencial destes recursos quanto à sua capacidade de mediação do diálogo entre o conhecimento, estudantes e o professor (BANDEIRA, 2009; SIQUEIRA E WECHSLER, 2006; CASTRO *et al.*, 2001; BRUNER, 1976), o propósito desse trabalho é (i) apresentar o processo de construção de um estudo dirigido que se constitui como um dos objetos de uma intervenção educacional, bem como (ii) os procedimentos para a sua validação. Estes procedimentos correspondem à etapa crucial de uma investigação mais geral que procura averiguar a aprendizagem de conceitos científicos a partir de jogos didáticos.

## 2 DESIGN DA FERRAMENTA DE ENSINO

O material didático focalizado nesse artigo é um estudo dirigido. Este se configura como objeto de uma intervenção pedagógica aplicada no contexto de uma pesquisa mais abrangente cujo objetivo é investigar a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos científicos a partir da interação com duas ferramentas didáticas de natureza distintas: o jogo didático<sup>37</sup> e o estudo dirigido.

Ainda que esta ferramenta esteja vinculada a uma investigação educacional, a sua elaboração está voltada unicamente para o ensino de conceitos físicos, isto é, não está relacionada a quaisquer questões agendadas na pesquisa. Além da aquisição de conhecimentos específicos, este recurso deve possibilitar o desenvolvimento da autonomia, criatividade e a interatividade, seja entre os sujeitos participantes da intervenção, entre estes e o conteúdo físico ou ainda com a professora-pesquisadora. Tal desenvolvimento está associado à mobilização de um conjunto de habilidades com a finalidade de executar as tarefas propostas nesse dispositivo.

<sup>36</sup> A aprendizagem é concebida como um processo em que se pressupõe a evolução do entendimento. Tal traço latente (o entendimento) não pode ser acessado diretamente, mas sim dimensionado a partir de observáveis manifestados durante a intervenção educacional.

<sup>37</sup> É importante esclarecer que, apesar do estudo dirigido não ter sido citado neste objetivo, ele é primordial tanto para o desenho de pesquisa em andamento como para a intervenção educacional, visto que, até o momento, não temos exata medida sobre as limitações e potencialidades do jogo didático enquanto produto para o ensino de Física.

O fenômeno físico tratado na ferramenta de ensino apresentada nesse trabalho é o de flutuação dos corpos. Tal conteúdo foi elencado tendo em vista (i) a omissão dos conteúdos relativos à Física de Fluidos nas escolas públicas da rede estadual de ensino; (ii) a aplicabilidade destes conceitos no cotidiano e (iii) a indicação presente nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais voltadas para o Ensino Médio, que sugere a inserção do conteúdo sobre hidrostática como um dos temas estruturadores para organizar o ensino deste componente curricular (BRASIL, 2002).

A abordagem deste fenômeno no material didático é realizada, predominantemente, sob a perspectiva conceitual e de aplicação destes conceitos no cotidiano, procurando estabelecer vínculos com outras áreas do conhecimento, bem como, contextualizar os conteúdos científicos abordados com o propósito de aproximar o ensino à realidade sociocultural dos indivíduos.

Mesmo que esta tenha sido uma das decisões metodológicas que orientaram a criação desse recurso, características procedimentais, requeridas na manipulação de itens de caráter matemático e na realização de experimentos de baixo custo, foram integradas ao dispositivo.

Dessa forma, procuramos promover um ambiente em que a resolução de problemas despertasse a participação, reflexão e criatividade dos educandos. Pesquisas vêm apontando a resolução de problemas como uma estratégia relevante no processo de aprendizagem (CLEMENT; TERRAZZAN, 2012; MORGADO *et al.*, 2016; ALLEN; DUCH; GROH, 1996). Um dos fatores que pode interferir no processo de resolução de problemas é a experiência ou familiaridade com o tema, tendo em vista que mobilizamos conhecimentos que preexistem com a finalidade de resolver os problemas propostos por analogia (DEWEY, 1979). De acordo com Fischer (2006), a familiaridade com o tema pode ser elencado como um indicador de aprendizagem. Este fator pode nos conduzir a atalhos que encurtam o caminho a percorrer na tentativa de solucionar tais problemas. Isto significa que quando uma classe de problemas é resolvida por um indivíduo, este desenvolve um esquema mental para lidar com os problemas dessa classe, habilitando-o a reconhecer ou considerar novos problemas para si mesmo (MOREIRA, 2002).

O instrumento pedagógico em foco nesse trabalho possui atributos que o diferencia quanto à natureza e espécie (produto pedagógico e material instrucional) (BANDEIRA, 2009). Com base nessas características, é possível classificar, a

princípio, o estudo dirigido (ED) como um material instrucional de caráter “tradicional”. Esse aspecto está relacionado com a ampla utilização desse recurso como atividade de classe ou extraclasse. Isto significa que este tipo de recurso vem sendo historicamente legitimado pelos sujeitos que integram o contexto escolar. Bandeira (2009) elenca algumas hipóteses que justificam a sua aceitação tanto por estudantes quanto por professores, a citar: (1) fácil manuseio e a possibilidade de aplicação em diversas etapas e modalidades da educação; e (2) não requer, necessariamente, equipamento ou recurso tecnológico, como internet, computadores ou outra infraestrutura.

Portanto, a maneira como a ferramenta de ensino foi desenhada, reflete a necessidade de (i) reconhecer o estudante como corresponsável pela sua própria trajetória de aprendizagem e (ii) fornecer um ambiente educacional fértil, capaz de maximizar a possibilidade de aprendizagem dos diferentes estudantes através da oferta de um repertório de atividades o mais diverso possível (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003).

O ED aqui proposto é constituído de dois textos bases e seus respectivos cadernos de atividades, ambos impressos, além de três *kits* de baixo custo relativos às atividades de natureza experimental. Eles abarcam os três conceitos fundamentais para o entendimento do fenômeno de flutuação dos corpos: densidade, pressão e empuxo. O primeiro dos materiais focaliza os conceitos de densidade, pressão e pressão atmosférica, enquanto que o segundo se divide entre o estudo sobre pressão no interior de líquidos em equilíbrio e empuxo.

Os conteúdos dos textos base foram tratados de maneira explicativa e formulado a partir de fontes distintas, tais como: livros didáticos voltados para o Ensino Médio e Ensino Superior, internet e livros paradidáticos.

Com a finalidade de exemplificarmos a linguagem adotada nos textos, transcrevemos um parágrafo em que introduzimos o conceito de Empuxo:

“Você já percebeu que quando estamos nadando, boiando ou mergulhando, nosso corpo parece ficar mais leve? Isso ocorre porque a água exerce uma força vertical de baixo para cima, denominada **empuxo**. Ela é a mesma força que equilibra o peso de um navio permitindo que ele flutue. Na verdade, essa força se faz presente em qualquer fluido, ou seja, corpos quando imersos (total ou parcialmente) em água, ar ou outros fluidos (gases ou líquidos) sofrem ação dessa força de fundamental importância na compreensão de fenômenos hidrostáticos”. (TEXTO BASE 2 - ED)

Para suscitar a apresentação de tais conceitos, foram elaboradas 3 tirinhas com auxílio de ferramentas oferecidas pelo site [www.toondoo.com](http://www.toondoo.com). Cada uma dessas tirinhas envolve conceitos diferentes, assim como objetivos pedagógicos distintos, a citar, analisar e elaborar hipóteses e identificar fatores que interferem no fenômeno em estudo. A Figura 7 ilustra uma dessas tirinhas.

Nos cadernos de atividades foram propostas tarefas de três tipos: (a) Para você pensar e responder; (b) Para você fazer e responder; e (c) Sintetizando ideias. A primeira aborda questões de natureza conceitual e de aplicação de conceitos a situações diversas. A segunda envolve atividades de caráter procedimental, em que foi requerido à elaboração de *kits* experimentais simples e de baixo custo para a sua execução. Na terceira classe de tarefas, procuramos acessar o entendimento geral que o estudante apresenta, naquele momento, sobre determinados conceitos.



**Figura 7.** Tirinha elaborada para suscitar à análise de hipóteses sobre o conceito de densidade.  
Fonte: Autoria própria

No total, 20 questões foram sugeridas aos estudantes e encontram-se distribuídas conforme a Tabela 4.

**Tabela 4.** Distribuição dos tipos de questões presentes nos cadernos de atividades que constituem o estudo dirigido de acordo com os três conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos.

	DENSIDADE	PRESSÃO	EMPUXO	TOTAL
Para você pensar e responder	2	5	4	11
Para você fazer e responder	1	2	0	3
Sintetizando ideias	2	4*	2	8
TOTAL	5	9	6	

\*Embora sejam sinalizadas 4 questões, de fato, são 2 tarefas idênticas que se repetem nos cadernos de atividades 1 e 2.

O caderno de atividades 1 acumula 12 questões, enquanto que o caderno de atividades 2 soma 10 tarefas propostas, das quais 8 delas são inéditas. É importante mencionar que o maior número de atividades pertencente ao caderno de atividades 1 é compensado por um menor número de páginas contido no texto base 1.

No Quadro 6 apresentamos um exemplo para cada um das categorias de tarefas propostas nos cadernos de atividades.

**Quadro 6.** Exemplo de tarefas presentes nos cadernos de atividades que constituem o ED

TAREFA	EXEMPLO
“Para você pensar e responder”	<p><b>Atividade 14.</b> Se você subisse em uma balança dentro de uma piscina e fora dela, o marcador da balança não deveria indicar o mesmo valor para as duas situações, correto? Em qual situação (dentro ou fora da piscina) deveria marcar a maior indicação? Por que?</p> <div data-bbox="507 797 1449 875" style="border: 1px solid black; height: 35px;"></div>
“Para você fazer e responder”	<p><b>Atividade 2.</b> Simulando o Mar Morto em uma vasilha. O Mar Morto, na verdade, é um lago de água salgada, localizado entre a Jordânia, Israel e a Cisjordânia. A densidade da sua água é 1,350 g/cm<sup>3</sup>, maior que a água do mar que é, aproximadamente 1,0345 g/cm<sup>3</sup>.</p> <p>1. Em um recipiente, coloque água e, em seguida, um ovo fresco, sem quebrar, dentro deste recipiente.</p> <p>(a) O que aconteceu com o ovo?</p> <div data-bbox="507 1126 1449 1205" style="border: 1px solid black; height: 35px;"></div> <p>2. Agora, retire o ovo do recipiente e adicione sal. Depois, coloque o ovo fresco, sem quebrar, de volta ao interior do recipiente. Repita o procedimento até que o ovo flutue ao ser colocado no recipiente.</p> <p>(b) Como você explicaria o fato do ovo flutuar na água com sal e não flutuar na água potável?</p> <div data-bbox="507 1391 1449 1469" style="border: 1px solid black; height: 35px;"></div> <p>(c) “Misturas podem apresentar densidades diferentes das substâncias puras”. Julgue esta proposição em V, se for verdadeira, e F, se for falsa e justifique a sua resposta.</p> <div data-bbox="507 1592 1449 1671" style="border: 1px solid black; height: 35px;"></div>
“Sintetizando ideias”	<p>A. O que você entendeu por densidade?</p> <div data-bbox="507 1738 1449 1816" style="border: 1px solid black; height: 35px;"></div> <p>B. Retorne à nossa tirinha e a leia novamente. E então... Existe algum sentido na ideia de Lila Dum ao explicar a flutuação do navio? Justifique a sua resposta.</p> <div data-bbox="507 1939 1449 2018" style="border: 1px solid black; height: 35px;"></div>

Todas as atividades que constituem este material didático possuem caráter discursivo, ou seja, é requerido que o estudante indique, descreva, explique, relacione, explicita verbalmente cada uma das respostas, mesmo quando as atividades sejam de natureza experimental.

As atividades propostas e os dois textos bases que compõem o estudo dirigido foram avaliados por um conjunto de juízes. O objetivo foi ajustar o recurso a partir de críticas e apontamentos que pudessem produzir um material mais adequado quanto aos objetivos de ensino a que se propôs, assim como analisar o conteúdo científico propriamente dito. Somente após essa apreciação, é que o material foi reformulado para ser empregado, posteriormente, no contexto da intervenção pedagógica.

### **3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO**

Os sujeitos envolvidos no processo de validação correspondem aqueles que cooperaram para a obtenção de dispositivo pedagógico melhor ajustado aos objetivos de ensino. Nesta seção, apresentamos uma breve descrição destes sujeitos, bem como o processo de elaboração e aplicação do instrumento para a validação do material de ensino tratado nesse artigo. Os dados coletados se referem às respostas destes indivíduos aos itens que compõem tal instrumento. Estes dados foram analisados através de métodos quantitativos e qualitativos.

#### **Participantes**

Nessa, que corresponde à primeira fase de uma investigação mais abrangente, contamos com a participação de 8 juízes com formação inicial em licenciatura em Física, para validar o estudo dirigido. Estes sujeitos atuavam, no período da coleta de dados, majoritariamente, na região nordeste. Apenas dois trabalhavam em instituições de ensino na região sudeste do Brasil. Isto significa que todos eram professores em atividade pedagógica.

Além disso, 7 dos 8 juízes desenvolveram ou desenvolviam pesquisas educacionais voltadas área de concentração de Ensino de Física. Pelas razões apresentadas, consideramos esses juízes como pares.

## **Construção da ferramenta de validação do material didático**

Um dos objetivos da validação por pares de uma ferramenta de caráter instrucional consiste em analisar a representatividade, clareza e precisão do conteúdo. Por isso, tais sujeitos devem ser considerados aptos para avaliar o dispositivo didático sob o ponto de vista de critérios relacionados ao conhecimento científico específico.

Para iniciar o processo de validação, foi necessário elaborar um questionário de avaliação. Como o estudo dirigido é composto por dois textos bases e seus respectivos cadernos de atividades, foram preparados dois questionários com itens semelhantes entre si. Além de um conjunto de questões relativas à ferramenta pedagógica, o questionário apresentava uma breve descrição do estudo dirigido e da pesquisa, o planejamento para a aplicação da ferramenta em sala de aula e as instruções para preenchimento do instrumento de coleta de dados.

Cada um dos questionários de validação do estudo dirigido era composto por até 23 questões. O Quadro 7 expõe exemplos de questões que compõem tais instrumentos.

Observe que na primeira coluna deste questionário, direcionamos ao avaliador uma pergunta que aborda um dos aspectos em análise, tais como: objetivo do texto, abordagem, público alvo, nível de adequação do conteúdo, dentre outros. Na segunda, expomos as alternativas na qual apenas uma deve ser assinalada. Na terceira e última coluna, disponibilizamos um espaço para que o juiz explicitasse qualquer comentário e/ou sugestão sobre o material analisado.

Para as questões voltadas aos objetivos pedagógicos, existe uma alternativa que nós, pesquisadores, considerávamos a que mais se aproximava do propósito preestabelecido.

Com a construção do instrumento de validação, foi possível submeter os juízes à interação com a ferramenta didática.

**Quadro 7.** Exemplo de questões presentes nos questionários de validação para avaliação do ED

<b>TEXTO BASE 1</b>		
<b>Perguntas</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Comentários</b>
1. Em termos do conteúdo, o objetivo do Texto 1 do Estudo Dirigido pode ser descrito como:	(a) desenvolver a aceção acadêmica (formal) do conceito de densidade e pressão. (b) desenvolver o entendimento conceitual de densidade e pressão a partir da relação entre as grandezas envolvidas em seus conceitos (c) desenvolver o raciocínio sobre densidade e pressão pela relação matemática entre as grandezas envolvidas em seus conceitos. (d) promover a apropriação de elementos relacionados ao conceito de densidade e pressão a partir da experiência.	
2. Qual o foco do Texto 1 do Estudo Dirigido?	(a) Aplicação no cotidiano (b) Apreensão matemática (c) Conceitual (d) Experimental	
<b>TEXTO BASE 2</b>		
<b>Perguntas</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Comentários</b>
15. A <b>Atividade 14</b> é mais adequada para levar o estudante a:	(a) reconhecer que a densidade do fluido interfere no peso aparente (b) reconhecer a relação matemática entre empuxo e peso real (c) reconhecer o comportamento dos corpos imerso em fluidos distintos	
17. Para qual série você acredita que esta ferramenta seja mais adequada?	(a) Séries iniciais (até o oitavo ano) (b) Nono ano (c) Primeiro ano do Ensino Médio (d) Segundo ano do Ensino Médio (e) Terceiro ano do Ensino Médio	

### **Procedimentos de coleta e análise de dados**

Para iniciar o processo de validação do ED, enviamos, por e-mail, convites para que os sujeitos participassem desta etapa da pesquisa. Cerca de 20 juízes licenciados em Física foram convidados a avaliar a ferramenta, dos quais 8 assentiram. Estes 8 juízes foram divididos em dois grupos. Cada grupo ficou responsável por analisar um dos textos bases e seu respectivo caderno de atividades. Tais documentos foram encaminhados, por email, juntamente com o correspondente questionário de validação. À medida que estes juízes concluíam suas análises, recebíamos os questionários de validação devidamente preenchidos.

Desse modo, os dados de análise correspondem às respostas dos sujeitos aos itens que constituem o questionário. Os métodos utilizados para análise desses dados foram de natureza qualitativa e quantitativa. Na próxima seção apresentamos o tratamento dos dados e os resultados obtidos desse processo de validação.

#### 4 TRATAMENTO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A validação do estudo dirigido resultou em três tipos de análise. A primeira delas consistiu em estabelecer o coeficiente de Kendall das variáveis consideradas categórica e ordinal. Esse coeficiente indica uma medida de concordância entre os avaliadores no que se refere às questões com padrões de respostas predefinidos. A segunda procurou avaliar o índice de percentual de concordância (IPC) dos itens. Estas duas primeiras análises estatísticas abarcaram as respostas aos itens explicitados na primeira e segunda coluna dos questionários de validação sobre cada um dos materiais que compõem o estudo dirigido. A terceira e última análise compreendeu uma avaliação de caráter qualitativo dos apontamentos e críticas dos juízes sobre a ferramenta analisada.

A primeira etapa de validação do estudo dirigido envolveu a determinação do coeficiente de Kendall de questões relacionadas às variáveis de caráter categórico e ordinal. Foram analisados os itens 3 a 8, 12, 17, 19, 21 e 22 referentes ao ED\_1 e 3 a 8, 11, 16, 18, 20 e 21 relativos ao ED\_2.

De acordo com Vieira e Garrett (2005), estudos que medem o acordo entre dois ou mais observadores devem incluir uma estatística que considerem que os juízes às vezes concordam ou discordam simplesmente por acaso. O coeficiente de concordância de Kendall ( $\tau$ ) pode ser empregado para avaliar o grau em que juízes fornecem um ranking comum de um conjunto de objetos (LEGENDRE, 2005). Mazurek (2011) propõe a seguinte interpretação para valores deste coeficiente:  $\tau = 0$ , nenhuma concordância;  $0 < \tau < 0,2$ , concordância muito baixa;  $0,2 < \tau < 0,4$ , concordância baixa;  $0,4 < \tau < 0,7$ , concordância moderada;  $0,7 < \tau < 0,9$ , concordância alta;  $0,9 < \tau < 1,0$ , concordância muito alta;  $\tau = 1,0$ , concordância absoluta. Para Legendre (2005), um bom índice de concordância é dado por valores de  $\tau > 0,5$ .

Para análise desse coeficiente foi adotado  $p < 0,05$ . A Tabela 5 exhibe os valores de  $\tau$  e  $p$  obtidos a partir do pareamento entre as respostas de cada um dos juízes e as respostas previamente esperadas pelos autores deste trabalho. O coeficiente  $\tau$  foi calculado com o uso do *software* SPSS Statistics 2.0.

**Tabela 5.** Coeficiente kendall oriundo das análises dos questionários de validação por juízes do estudo dirigido

Texto base e caderno de atividades 1			Texto base e caderno de atividades 1		
JUIZ	$\tau$	p	JUIZ	$\tau$	p
J1_ED_1	0,40	0,08*	J1_ED_2	0,49	0,02
J2_ED_1	0,61	0,01	J2_ED_2	0,52	0,02
J3_ED_1	0,46	0,03	J3_ED_2	0,45	0,04
J4_ED_1	0,61	0,00	J4_ED_2	0,82	0,00

Nomenclatura: Ji\_ED\_j, em que i=1, 2, 3, 4 e j=1, 2; \*p > 0,05 (resultado deve ser retirado da análise)  
 Fonte: Dados da pesquisa

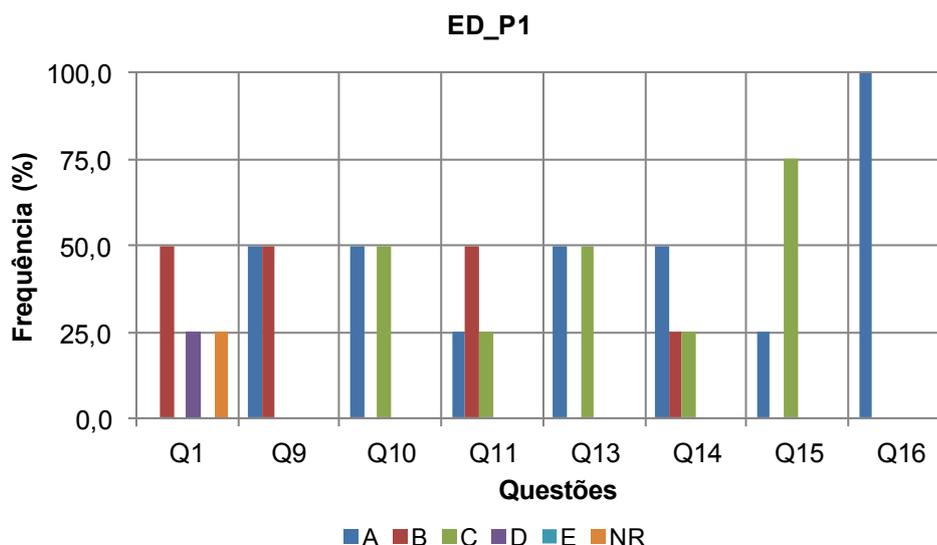
Com base nesta tabela, observamos que as respostas esperadas para os itens avaliados, em média, foram moderadamente endossadas, visto que 7 dos 8 coeficientes obtidos indicam um grau de concordância entre moderado e alto (MAZUREK, 2011). Esse representa um resultado favorável em relação à fidedignidade dos métodos de classificação utilizados pelos avaliadores.

Após essa primeira análise, procuramos avaliar todos os itens que compõem os questionários a partir do índice de percentual de concordância (IPC). Este índice é diretamente interpretável e facilmente calculado (MCHUGH, 2012), por ser uma medida de frequência. Neste caso, verificamos a concordância global entre os juízes e, em seguida, compara-se com as respostas previamente indicadas.

O Gráfico 7 apresenta a distribuição da frequência de respostas aos itens 1, 9 a 11 e 13 a 16 do questionário de validação do ED\_1, atribuídas pelos quatro juízes que avaliaram este material.

De acordo com este gráfico, parece não haver consenso sobre os objetivos das atividades 1, 2 e 4 presentes no caderno de atividades. Esta interpretação está relacionada à dispersão exibida no padrão de respostas das questões 9, 10 e 13, respectivamente. Para as questões 1, 11, 14 e 15, embora seja apontada consonância entre a maioria dos juízes, o objetivo desta parte do estudo dirigido, bem como das atividades 3, 5 e 6 propostas no caderno de atividades divergem daqueles previamente definidos. O item 16, que versa sobre a atividade 7 presente no caderno de atividades 1, apresenta acordo perfeito entre os juízes e o objetivo indicado corrobora aquele preestabelecido.

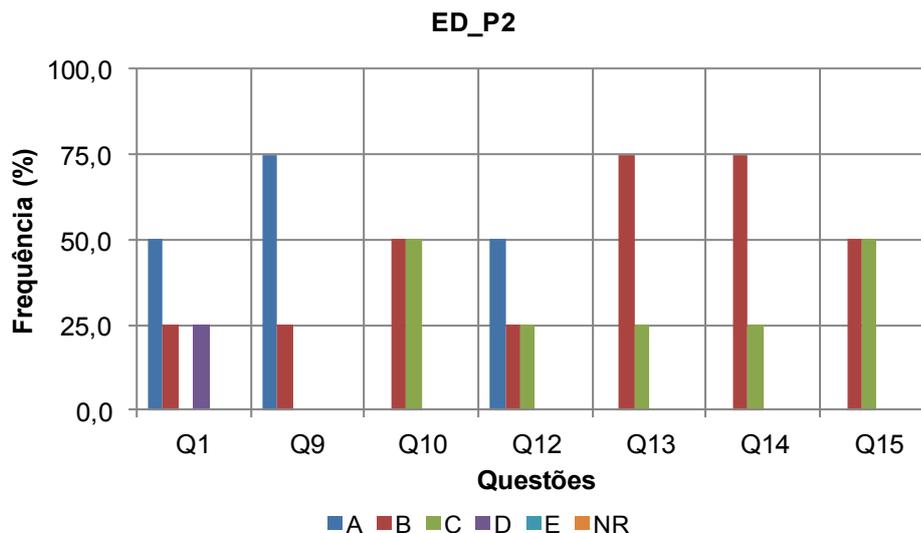
Análise semelhante foi realizada para as questões 1, 9, 10 e 12 a 15 presentes no questionário de validação sobre a segunda parte do ED.



**Gráfico 7.** Distribuição das respostas avaliadas por quatro juízes, licenciados em Física, a um determinado conjunto de itens referente ao texto base e caderno de atividades 1 do Estudo dirigido. Fonte. Dados da pesquisa

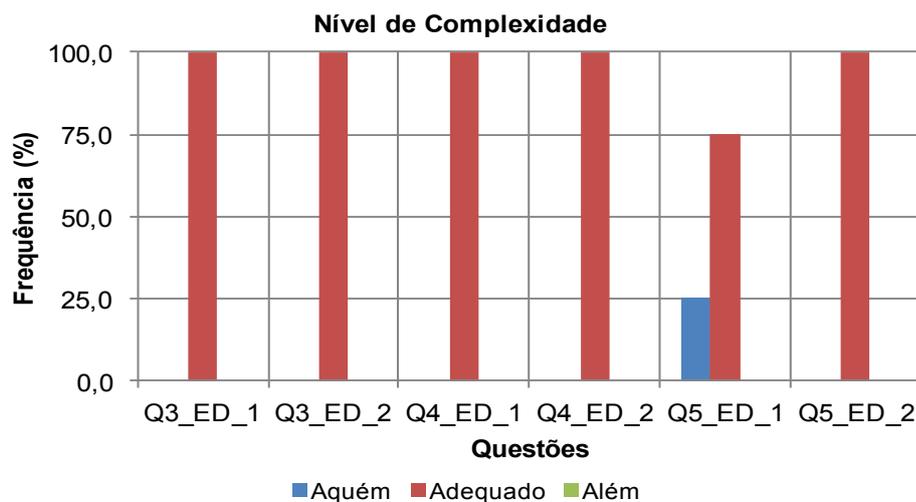
O Gráfico 8 apresenta a distribuição da frequência de respostas atribuídas, para estes itens, pelos quatro juízes que avaliaram este material. Devido à dispersão exibida no padrão de respostas das questões 10 e 15, não verificamos consenso sobre os objetivos das atividades 10 e 14 presentes no caderno de atividades 2. Para a questão 9, embora pareça haver conformidade entre a maioria dos juízes, o objetivo da atividade 9 diverge daquele predefinido. Sobre as demais questões, o propósito desta parte do ED, bem como das atividades 11, 12 e 13 apontados pelos juízes convergem com aqueles predefinidos.

Segundo os resultados obtidos até aqui, o texto base 2 e seu respectivo caderno de atividades parecem melhor avaliados quanto aos objetivos pedagógicos do que a primeira parte do ED, sendo necessária reavaliação deste último no que tange a estes parâmetros.



**Gráfico 8.** Distribuição das respostas avaliadas por quatro juízes licenciados em Física, a um determinado conjunto de itens referente ao texto base e caderno de atividades 2 do Estudo dirigido. Fonte. Dados da pesquisa

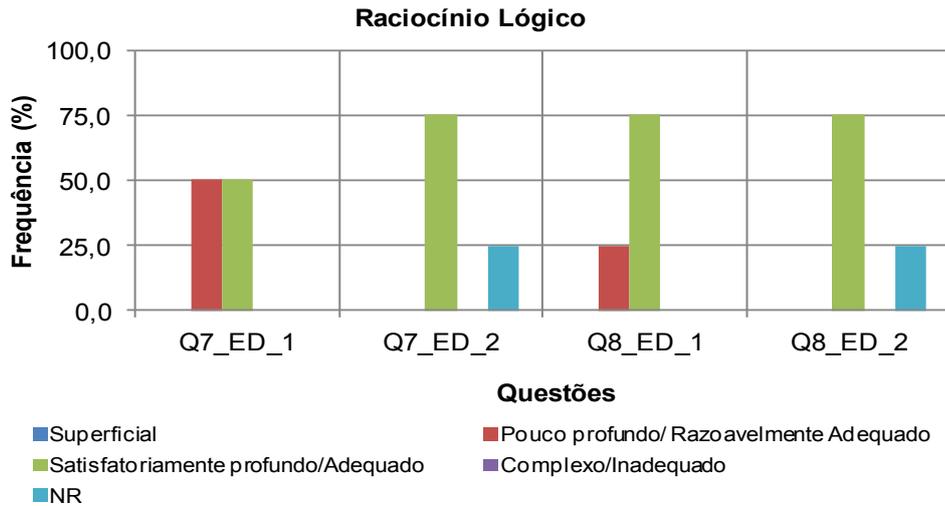
As questões 3, 4 e 5 de cada um dos instrumentos de validação tratam sobre o nível de complexidade de entendimento que cada um dos materiais instrucionais proporciona. Desses itens, as questões Q3\_ED\_1 e Q3\_ED\_2 focalizam o entendimento conceitual sobre os conteúdos que envolvem o fenômeno de flutuação dos corpos. As questões Q4\_ED\_1 e Q4\_ED\_2 focalizam o entendimento matemático sobre densidade e empuxo, respectivamente, enquanto que os itens Q5\_ED\_1 e Q5\_ED\_2 estão voltados para o entendimento matemático sobre pressão. Vale lembrar que este último conceito está presente em ambas as partes deste material instrucional, por isso, ele figura os dois questionários de validação. O Gráfico 9 mostra as distribuições de frequências para cada uma dessas questões. De maneira geral, o material didático parece adequado quanto ao nível de complexidade do entendimento conceitual e matemático dos conceitos abordados. No item Q5\_ED\_1, um dos juízes considerou que o estudo proporciona o entendimento matemático sobre o conceito de pressão em um nível de complexidade aquém à escolaridade relativa ao público alvo. Este juiz não registrou qualquer comentário ou sugestão que aponte direcionamentos para melhorar a adequação de tal conceito quanto a este critério.



**Gráfico 9.** IPC para itens que envolvem o nível de complexidade do entendimento geral sobre os conceitos abordados nos textos que compõem o ED (Q3\_ED\_1 e Q3\_ED\_2) e do entendimento sobre os conceitos de densidade (Q4\_ED\_1), empuxo (Q4\_ED\_2) e pressão (Q5\_ED\_1 e Q5\_ED\_2)  
Fonte: Dados da pesquisa

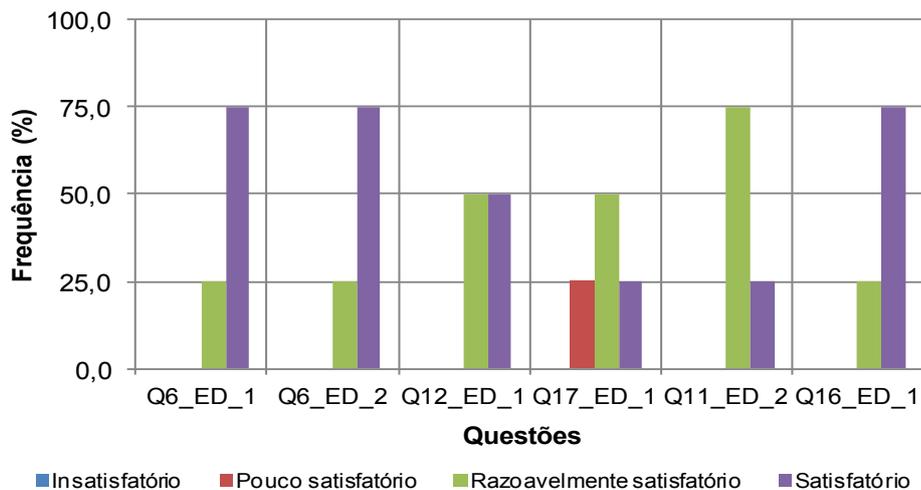
No Gráfico 10, apresentamos o IPC para os itens 7 e 8 de cada um dos instrumentos de validação. Estes itens abordam o raciocínio lógico empregado ao relacionar as grandezas físicas envolvidas no conceito de densidade (Q7\_ED\_1), empuxo (Q7\_ED\_2) e pressão (Q8\_ED\_1 e Q8\_ED\_2). A partir deste gráfico, observamos que é necessário rever a abordagem matemática do conceito de densidade. Para os demais conceitos, tal enfoque parece estar adequado e tratado com profundidade satisfatória, não sendo indicada, pelos juízes, a necessidade de realizar alterações. O juiz que não respondeu às questões Q7\_ED\_2 e Q8\_ED\_2 alegou não ter compreendido as perguntas.

Os itens 6, 12 e 17 do questionário de validação sobre o ED\_1 e 6, 11 e 16 do instrumento que examina o ED\_2 procuravam avaliar o quanto os materiais servem: (i) como guia de aprendizagem (Q6\_ED\_1 e Q6\_ED\_2); e (ii) para acessar o entendimento do estudante sobre densidade (Q12\_ED\_1), pressão (Q17\_ED\_1 e Q11\_ED\_2) e empuxo (Q16\_ED\_2).



**Gráfico 10.** IPC para os itens que abrangem o raciocínio lógico envolvido na relação entre as grandezas físicas que compõem o conceito o conceito de densidade (Q7\_ED\_1), empuxo (Q7\_ED\_2) e pressão (Q8\_ED\_1 e Q8\_ED\_2)  
 Fonte: Dados da pesquisa

O Gráfico 11 apresenta o IPC para estes itens. De acordo com as questões Q6\_ED\_1 e Q6\_ED\_2, a maioria dos juízes avaliou os materiais como guias de aprendizagem satisfatórios. O acesso ao entendimento sobre conceito de densidade e pressão nas tarefas "Sintetizando ideias" A e B, C e D, respectivamente, avaliado pelo item Q12\_ED\_1 e Q\_17\_ED\_1, é considerado admissível (tendendo a razoavelmente satisfatório e/ou satisfatório). Os problemas apontados pelos juízes nestes dois itens dizem respeito ao caráter generalista das questões e, no caso da questão 17, também ao conteúdo abordado pela tirinha.

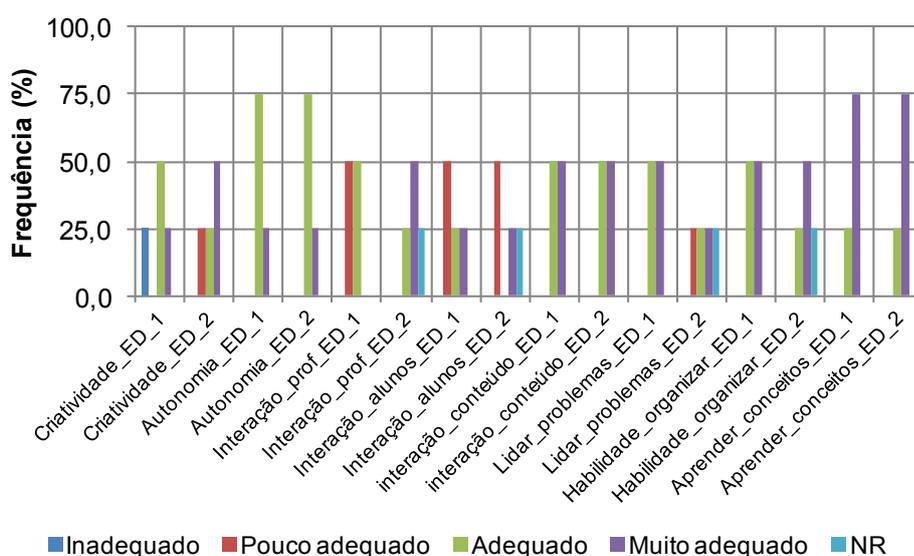


**Gráfico 11.** IPC para os itens que avaliam o quanto os materiais instrucionais servem como guia de aprendizagem (Q6\_ED\_1 e Q6\_ED\_2); e para acessar o entendimento do estudante sobre densidade (Q12\_ED\_1), pressão (Q17\_ED\_1 e Q11\_ED\_2) e empuxo (Q16\_ED\_2)  
 Fonte: Dados da pesquisa

Segundo a análise dos juízes, o acesso ao entendimento sobre pressão em meios fluidos relacionado à tarefa "Sintetizando ideias" (E e F) também é considerado aceitável (Q11\_ED\_2). Assim como nas questões Q12\_ED\_1 e Q\_17\_ED\_1, os problemas apontados pelos juízes, nesta tarefa, se referem à generalidade da questão e ao conteúdo abordado pela tirinha. Para solucionar tais problemas, um dos juízes sugere a utilização de mapas conceituais construídos em grupos de estudantes. Sobre a questão 16, a maioria dos juízes considera satisfatória a maneira de acessar o entendimento dos estudantes sobre o conceito de empuxo a partir da tarefa "Sintetizando ideias" (G e H).

Isto aponta para a necessidade de reavaliar a capacidade das atividades propostas em termos do acesso ao entendimento do estudante sobre os conceitos de densidade e pressão. No caso da questão 17, em particular, atribuímos o julgamento negativo realizado por um dos juízes ao fato de que o tratamento do conteúdo sobre pressão ter sido diluído em dois textos, o que produziu uma análise parcial do conteúdo global que envolve este conceito, uma vez que os juízes somente tiveram contato com um dos materiais instrucionais que compõem o ED.

O Gráfico 12 aborda diversas habilidades que podem ser desenvolvidas a partir da interação com este material. Algumas dessas habilidades são apontadas por Castro *et al.* (2001) como propriedades imprescindíveis para um material didático, tais como: autonomia e interatividade.



**Gráfico 12.** Distribuição de frequência para critérios relacionados a um conjunto de habilidades que influenciam a aquisição de conhecimento científico

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com esta representação, o material referente à primeira parte do ED parece, no mínimo, adequado quanto ao auxílio na promoção da criatividade, autonomia e aprendizagem de conteúdos científicos. Os critérios que englobam a interatividade com o conteúdo e com o professor, a capacidade de organização e de lidar com problemas de naturezas distintas, embora pareçam não indicar consenso entre os julgamentos dos juízes, a tendência do comportamento dos dados ainda aponta para a adequação do material quanto a estes parâmetro.

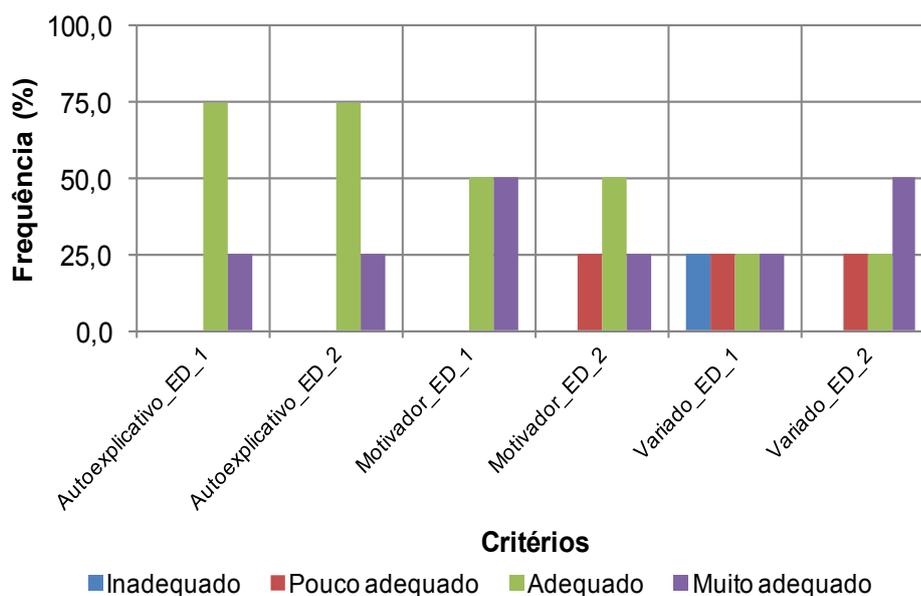
No que diz respeito ao ED\_2, o dispositivo parece minimamente adequado quanto ao desenvolvimento da criatividade, aprendizagem de conteúdos científicos, interatividade com o professor e a capacidade de organização. Assim como para o ED\_1, parece não haver acordo entre os juízes sobre critérios que compreendem a interatividade com conteúdo e a capacidade de lidar com problemas de naturezas distintas, entretanto a dispersão dos dados ainda tende à adequação do material.

Tendo em vista a avaliação quanto à interatividade com os estudantes em ambos os estudos, resolvemos realizar o contato com a ferramenta instrucional de maneira a ampliar a interação entre estes sujeitos. Para isso, no contexto da intervenção pedagógica, organizaremos os estudantes em trios ou duplas, mantendo, sempre que possível, a mesma formação utilizada no jogo de tabuleiro.

As questões 22 do instrumento de validação do ED\_1 e 21 do questionário referente ao ED\_2 procuraram examinar a adequação do material didático quanto a três parâmetros: autoexplicação, motivação e variedade. O Gráfico 13 mostra a distribuição da frequência de respostas dos avaliadores quanto a estes critérios.

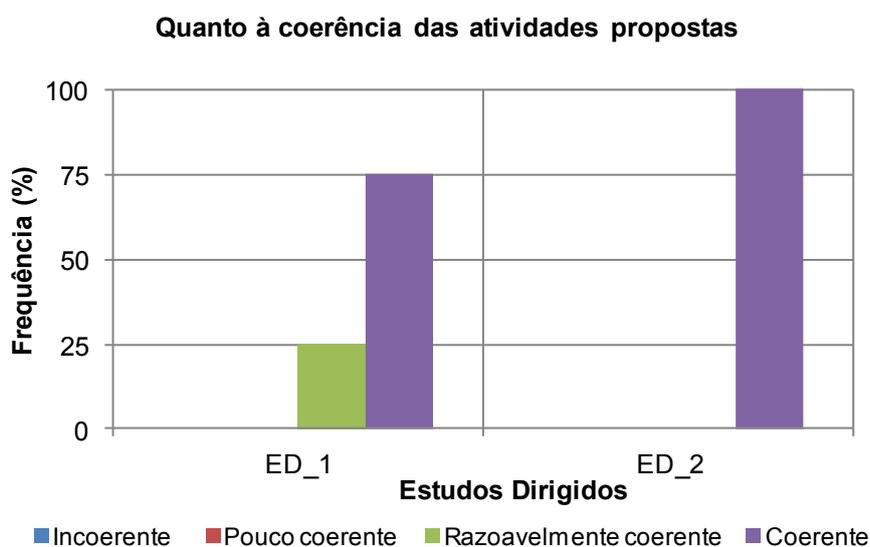
Conforme esta representação, as capacidades de autoexplicação e de estímulo à motivação, relativas ao material didático, foram consideradas pelos juízes, de maneira geral, adequada. Observe que um dos juízes julgou o ED\_2 pouco adequado para o estímulo à motivação. Segundo ele, a quantidade de conceitos abordados, em um tempo reduzido de aula, pode cansar em demasia os alunos. Sobre critério associado à variedade de atividades não apresenta padrão definido, não sendo possível inferir qualquer interpretação sobre ele.

Os itens 18 e 19 dos questionários que avaliam o ED\_2 e ED\_1, respectivamente, tratam sobre a coerência das atividades presentes em cada um dos materiais instrucionais.



**Gráfico 13.** Distribuição de frequência para possíveis características da ferramenta didática quanto à autoexplicação, motivação e variedade  
Fonte: Dados da pesquisa

Segundo os resultados expressos no Gráfico 14, tanto para o ED\_1 quanto para ED\_2, as atividades propostas no caderno de tarefas que compõem o ED foram consideradas coerentes pela maioria dos avaliadores.



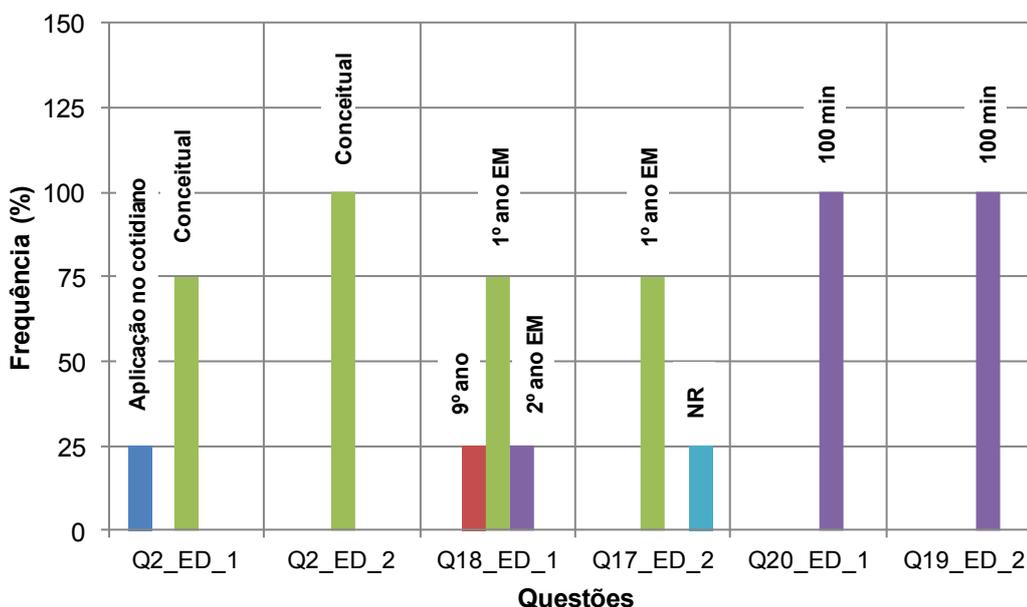
**Gráfico 14.** Representação gráfica que avalia a coerência das atividades propostas na primeira e segunda parte do estudo dirigido  
Fonte: Dados da pesquisa

As três últimas questões que constituem os instrumentos de validação (2,18 e 20 do ED\_1; e 2,17, 19 do ED\_2) procuram responder às seguintes perguntas:

(a) Que abordagem prevalece no material didático? (Q2\_ED\_1 e Q2\_ED\_2): Aplicação no cotidiano; conceitual; matemática; ou experimental.

(b) Qual público alvo é o mais adequado para interagir com a ferramenta? (Q18\_ED\_1 e Q17\_ED\_2): Séries iniciais (até o oitavo ano); nono ano; primeiro; segundo ou terceiro ano do Ensino Médio.

(c) Qual a carga horária necessária para aplicação desse material? (Q20\_ED\_1 e Q19\_ED\_2): 30 minutos; 1 aula (50 minutos); 1 aula e meia (75 minutos); 2 aulas (100 minutos).



**Gráfico 15.** IPC para classificação do ED quanto à abordagem, público alvo e tempo de aplicação.

Em Q2, foram apresentadas as seguintes alternativas: (a) Aplicação no cotidiano, (b) Apreensão matemática, (c) Conceitual, (d) Experimental. Tanto para Q18\_ED\_1 quanto Q17\_ED\_2, o público alvo, a ser considerado mais adequado para a aplicação do ED, compreende Séries iniciais (até o oitavo ano); nono ano; primeiro; segundo ou terceiro ano do Ensino Médio. NR = Não respondeu. Os itens Q20\_ED\_1 e Q19\_ED\_2 apresentam as seguintes opções de carga horária: 30 minutos; 50 minutos; 75 minutos e 100 minutos. O gráfico se limita a apresentar apenas as opções com IPC  $\neq$  0.

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com o Gráfico 15, a maioria dos juízes (i) classifica a abordagem do ED como predominantemente conceitual, (ii) indica este material como adequado para o 1º ano, e (iii) o tempo para aplicação do ED\_1, como do ED\_2, deve ser de 100min, totalizando 200min de interação com a ferramenta instrucional. Este último resultado foi fundamental para alterarmos o desenho da intervenção pedagógica,

tendo em vista que, antes do processo de validação, o tempo previsto para cada um dos recursos era de 50min. Isto permitiria, a princípio, o pareamento entre dados obtido a partir da interação, no contexto desta intervenção, do estudo dirigido e jogo de tabuleiro, pois a variável “tempo de interação da ferramenta” seria constante.

Ainda que os juízes, majoritariamente, tenham apontado o 1º Ano do Ensino Médio como público alvo, a justificativa para esta indicação está pautada em aspectos puramente curriculares.

A última etapa da validação do estudo dirigido consistiu em analisar comentários e sugestões realizados pelos avaliadores. Alguns dos comentários realizados pelos juízes estão expostos a seguir:

“Muito interessante vislumbrar a possibilidade de aplicar essa ferramenta. Acredito que uma pequena revisão no texto, no intuito de melhorar a fluidez da leitura em alguns pontos aprimoraria a ferramenta”. (Juiz 1\_ED\_1)

“Não é fácil produzir um instrumento com qualidade e responsabilidade diante das diversas variáveis que possam estar presentes numa atividade educacional. Aqui, venho apenas dizer que siga em frente”. (Juiz 2\_ED\_1)

“Comentários Gerais: 1) a personagem mostrada nos quadrinhos é uma criança... Fica para reflexão se é a forma mais adequada para apresentação dos questionamentos para alunos do ensino médio... 2) As questões propostas no ED estão no nível apresentado pela maior parte dos livros didáticos que tratam o assunto/tema”. (Juiz 2\_ED\_2)

As sugestões pulverizadas ao longo do questionário de validação foram agrupadas em categorias e compiladas no Quadro 8.

Vale destacar que, além das sugestões, este quadro apresenta o parecer dos autores deste trabalho frente ao que se propõe, bem como argumentos que justificam tais posicionamentos.

**Quadro 8.** Sugestões realizadas pelos juízes e respectivos pareceres segundo autores da pesquisa

	<b>SUGESTÕES</b>	<b>PARECER</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
1	Melhorar fluidez do texto	A	Reduzir o número de seções a fim de estimular o encadeamento de ideias
2	Utilizar palavras como “diretamente/inversamente proporcional” e “sistema internacional”	A	Estes termos são frequentemente utilizados nas relações entre as grandezas
3	Reavaliar personagem e proposta textual da tirinha (sobre pressão)	PA	Não acreditamos que exista a necessidade de reavaliar a personagem, uma vez que ela apresenta traços de outros importantes ícones da HQ.
4	Corrigir sinalizações propostas no texto	A	Tais sinalizações atendem às normas cultas da língua portuguesa
5	Rever discussão sobre sistema circulatório	PA	Incluir observação justificando a discussão sobre o citado sistema
6	Inserir mais figuras para auxiliar na compreensão do texto	R	Acreditamos que o uso de imagens é de fundamental para a discussão de fenômenos físicos, mas elas não devem substituir a discussão propriamente dita
7	Rever pergunta 3 do ED_1	A	Converter a atividade em “Para você pensar e responder”
8	Inserir mais tirinhas	R	Idem a justificativa da sugestão 6
9	Ampliar o tempo de aplicação de ED_2	R	Ambos os estudos devem apresentar períodos de aplicação semelhantes
10	Explorar melhor o conceito de densidade	A	Os resultados, já apresentados, corroboram essa sugestão
11	Rever questões relativas às tarefas “Sintetizando ideias” (a) tornando-as mais específicas; (b) abordando outros aspectos; (c) acessando o entendimento via mapa conceitual	PA	Os resultados, já apresentados, corroboram essa sugestão

Nomenclatura: A = Aceita; PA = Parcialmente aceita; R = Rejeitada

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste artigo está voltado para o processo de construção e validação de uma ferramenta de ensino que se constitui como objeto de uma intervenção educacional: o estudo dirigido.

As análises dos dados dos questionários de validação aplicados a professores da Educação Básica e pesquisadores em Ensino, Filosofia e História das Ciências abrangeram técnicas de caráter quantitativo e qualitativo. A primeira

delas resultou em estimativas que refletem o grau de concordância entre as respostas explicitadas pelos juízes e respostas de referência previamente estabelecidas pelos autores desta pesquisa. Tais estimativas envolveram a determinação de dois índices estatísticos: IPC e o coeficiente de Kendall. A segunda compreendeu a avaliação de comentários e sugestões dos sujeitos participantes.

Embora cada um desses índices estatísticos apresentem limitações, as análises qualitativa e quantitativa apontaram pontos fortes e fragilidades que resultaram em alterações para a versão final dos dispositivos didáticos. Deste modo, reconhecendo que o processo de validação não se exaure (RAYMUNDO, 2009), consideramos que, de maneira geral, o último protótipo gerado a partir deste processo de validação produziu um material de ensino suficientemente robusto, confiável e adequado para ser utilizado no contexto da intervenção pedagógica.

## 6 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; COLUCI, Marina Zambon Orpinelli. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011

ALLEN, Deborah E.; DUCH, Barbara J.; GROH, Susan E. **The Power of Problem-Based Learning in Teaching Introductory Science Courses**. In Wilkerson, L. and Gijsselaers, Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice, New Directions for Teaching and Learning. San Francisco, Cal.: Jossey-Bass, p. 43-52, 1996

AMANTES, A. COELHO, G. R. MARINHO, R. A medida nas pesquisas em educação: empregando o modelo Rasch para acessar e avaliar traços latentes. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 3, p. 657-684, 2015

BORSBOOM, Denny; MELLENBERGH, Gideon J.; VAN HEERDEN, Jaap. The Concept of Validity. **Psychological Review**, v. 111, n. 4, p. 1061–1071, 2004

BANDEIRA, D. **Material didático**: Conceito, classificação geral e aspectos da elaboração In H. Ciffone (Org.). Curso de materiais didáticos para smartphone e tablete. Curitiba: IESDE, p. 13-33, 2009. Disponível em: <http://www2.videolivrraria.com.br/pdfs/24136.pdf>.

BRASIL. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Brasília, 2002 Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

BRUNER, J. S. **O processo da Educação**. São Paulo: Nacional, 6. ed., 1976.

CASTRO, N. J. *et al.* **O Estudo a Distância com Apoio da Internet**. Congresso Internacional de Educação a Distância. v. 1, 2001

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa, **Experiências em Ensino de Ciências**, v.7, n. 2, p. 98-116, 2012

DEWEY, J. **Como pensamos** – Como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo: Uma reexposição. Tradução Haydée Camargo Campos. São Paulo: Editora Nacional, 4 ed., 1979 (Coleção Atualidades Pedagógicas)

FISCHER, K. W. **Dynamic cycles of Cognitive and Brain development**. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). *The educated brain*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006. Disponível em: <[http://sitemaker.umich.edu/carss\\_education/files/fischerbrain.pdf](http://sitemaker.umich.edu/carss_education/files/fischerbrain.pdf)>.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. de M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências, **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003

LEGENDRE, P. Species associations: The Kendall coefficient of concordance revisited. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, v. 10, n. 2, p. 226–245, 2005

MAZUREK, J. Evaluation of ranking similarity in ordinal ranking problems. **Acta Academica Karviniensia**, v. 11, n. 2, p. 119-128, 2011

MCHUGH, Mary L. Interrater reliability: the kappa statistic. **Biochemia Medica**. v. 22, n. 3, p. 276–282, 2012

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002

MORGADO, S *et al.* Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas e ensino tradicional: um estudo centrado em “transformação de matéria e de energia. **Revista Ensaio**, v.18, n. 2, p.73-97, 2016

PASQUALI, Luiz. **Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento**. In: PASQUALI, Luiz (Org) Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida/ UnB, 1996

\_\_\_\_\_. Psicometria. **Rev Esc Enferm USP**, v. 43(Esp), p. 992-999, 2009

RAYMUNDO, Valéria Pinheiro. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, v. 44, n. 3, p. 86-93, 2009

SIQUEIRA, Luciana Gurgel Guida; WECHSLER, Solange M. Motivação para a aprendizagem escolar: possibilidade de medida. **Avaliação Psicológica**, v. 5, n. 1, p. 21-31, 2006

VIEIRA, Anthony J; GARRETT, Joanne M. Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic. Research Series, **Family Medicine**, v. 37, n. 5, p. 360-363, 2005

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Capes pela concessão de bolsa de estudo e aos sujeitos que participaram dessa etapa da pesquisa, cujas críticas nos ajudaram a melhorar cada o dispositivo didático em foco nesse trabalho.

### ARTIGO 3

Indicação de periódico: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

## ANÁLISE DE BANCO DE ITENS ATRAVÉS DE MODELAGEM RASCH: UMA VALIDAÇÃO DO CONSTRUTO

### Resumo

Nesse trabalho apresentamos o processo de validação de um banco de itens que aborda conceitos científicos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. Para isso, itens de natureza dicotômica (múltipla escolha e verdadeiro ou falso) e politômica (itens discursivos ou abertos) foram elaborados ou adaptados a partir de exames de vestibulares e questões presentes em livros didáticos. Para avaliar os itens discursivos, propomos um sistema categórico construído com base na Teoria de Habilidades Dinâmicas. A taxonomia sugerida foi validada por 5 juízes com formação em Licenciatura em Física que atuam na Educação Básica. Para a validação do banco de itens, contamos com uma amostra de 237 estudantes do segundo e terceiro ano da rede pública federal e estadual de ensino que, necessariamente, tenham estudado o referido conteúdo físico em qualquer momento anterior ao período de coleta de dados. Uma análise exploratória de caráter quantitativo, procurou avaliar a validade do banco de itens com base em critérios que fundamentam a Modelagem Rasch, tais como independência entre parâmetros do modelo e unidimensionalidade do construto. Identificamos que: (1) o banco apresentou itens com bons ajustes, sendo necessário apenas reformular ou abandonar aqueles que não apresentaram índices dentro dos critérios da análise; (2) cada conjunto de itens validado pode ser considerado como unidimensional, o que significa que o banco de itens é adequado para avaliar o conhecimento sobre flutuação, visto que obtivemos uma indícios de boa coerência interna. A partir dos resultados obtidos, foi possível: (i) elaborar cinco testes de conhecimentos com, aproximadamente, o mesmo nível de dificuldade e composto pelos itens válidos; (ii) obter um sistema categórico validado por juízes para avaliar itens politômicos que compõem tais testes. Estes testes de conhecimento se constituirão como instrumentos de uma pesquisa mais abrangente, cujo foco está voltado para aprendizagem de conceitos científicos a partir do uso de jogos didáticos no contexto de uma intervenção educacional.

**Palavras-chave:** Validação de instrumento; Análise quantitativa; Modelagem Rach.

### Abstract

In this work we present the validation process of an item bank that involved scientific concepts applied to the phenomenon of bodies fluctuations. This bank was elaborated with items dichotomous (multiple choice questions and "true or false" items) and politomyous (discursive or open items). To analyse this last items, we propose a categorical system that must orient, as objectively as possible, their evaluation. This system was analyzed by 5 judges - Physics' teachers at Basic

Education. For the validation of this bank, we have a sample of 237 High School's students of the federal and state public education. This students must to have studied the physical content at any time before the period of collection of data. An exploratory analysis of quantitative nature was used to evaluate the instrument validity by important criteria to the Rasch Modeling, such as independence between model parameters and construct's unidimensionality. The data comprise the subjects' responses to the proposed items. We identified that: (1) the bank presented items with good adjustments – it was necessary to reformulate or abandon a few items that did not present indexes within the criteria of the analysis; (2) each validated set of items can be considered as one-dimensional, which means that the item bank is adequate to evaluate the knowledge about flotation. From the results, it was possible to: (i) elaborate five knowledge tests with items validated by sample; (ii) obtain a valid categorical system to evaluate discursive items that make up such tests based on the Dynamic Skills Theory. These knowledge tests will be used like instruments of a more general research, whose focus is directed to the learning of scientific concepts from the use of didactic games in the context of an educational intervention

**Keywords:** Instrument validation; Quantitative analysis; Rasch Model.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitos dos objetos de estudo em domínios como as Ciências Humanas e Sociais correspondem a atributos abstratos, construídos a partir de uma ou mais teorias (AMANTES; COELHO; MARINHO, 2015). Tais atributos se configuram como traços latentes, ou seja, que não podem ser mensurados diretamente.

Devido à natureza dos construtos investigados nesses campos de conhecimento e, conseqüentemente, do seu processo de medida, analisar a validade dos instrumentos é considerado um procedimento crucial da investigação (PASQUALI, 2009), visto que através deles procuramos garantir indicadores confiáveis que serão utilizados na pesquisa (ALEXANDRE; COLUCI, 2011). Entretanto, segundo Amantes e Coelho (2013), construir instrumentos adequados para análise desses atributos constitui-se um dos principais desafios em pesquisas que lidam com variáveis latentes. Nessas pesquisas, as respostas ou comportamentos do sujeito (efeito) dependem do nível de articulação do traço latente (causa) naquele instante de tempo. Neste sentido, pressupõe-se que (i) o atributo, objeto da mensuração, exista e (ii) que variações no atributo sejam capazes de produzir variação nos resultados da medida (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004).

De acordo com Anastasi (1986), o processo de validação do instrumento se inicia a partir de definições ou detalhamento dos construtos. Tais definições, conforme a autora, devem estar apoiadas em teorias, pesquisas prévias ou observações sistemáticas. Desta forma, os itens do teste devem ser preparados com base nessas definições. Após as análises dos dados coletados empiricamente, as quais quase sempre envolvem análise fatorial e outros estudos estatísticos que indiquem a adequação dos itens, aqueles considerados válidos devem ser selecionados do banco de itens.

Neste processo, é preciso avaliar dois parâmetros importantes de legitimidade de uma medida ou teste: a confiabilidade e a validade (PASQUALI, 2009; RAYMUNDO, 2009; ALEXANDRE; COLUCI, 2011). A primeira corresponde à precisão da medida, enquanto que validade trata, a princípio, sobre a consistência das interpretações/ inferências abalizadas nos resultados dos testes (PASQUALI, 2009; WRIGHT; STONE, 1999). Entretanto, para alguns autores (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004; ALEXANDRE; COLUCI, 2011) o conceito de validade é mais básico, simples e eficaz: validade é uma propriedade do teste. Para esses autores, um instrumento é considerado válido quando ele mede aquilo que se propõe a medir, com determinada precisão.

Assim, se estabelecêssemos uma relação de prioridades entre a validade do instrumento e a medida de confiabilidade deste, o parâmetro validade é considerado condição necessária (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004). Isto significa que se dois testes válidos apresentam índices de confiabilidade distintos, de modo que a precisão da medida sob um atributo seja maior em um dos testes, a validade do instrumento deve ser o parâmetro primordial para a escolha entre eles, uma vez que se admite o uso de testes menos confiáveis a depender de fatores como: as metas do pesquisador, investimentos financeiros e limitação do tempo, situação dos sujeitos, dentre outros. Por outro lado, um teste pode apresentar alto índice de confiabilidade, mas pode não ser válido; isso porque a confiabilidade está mais associada à reprodutividade dos resultados do teste, ou seja, podemos ter um padrão de respostas que se repete ao aplicarmos em diferentes amostras, mas isso não significa que estamos acessando o atributo que pretendemos medir. Em resumo, embora ambos os parâmetros devam apresentar índices estatisticamente aceitáveis, o primeiro critério a ser levado em conta na validação de instrumentos de pesquisa deve ser a validade.

Diante do exposto, é possível levantar dois fatores que interferem no estabelecimento desta propriedade: (i) o processo de testagem empírica (PASQUALI, 2009; ANASTASI, 1986); e (ii) a existência de uma teoria do comportamento de resposta aos itens que oriente tanto a construção dos itens quanto a interpretação dos resultados obtidos (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004)<sup>38</sup>.

Essa, dentre outras razões, justifica relacionar o processo de determinação da validade do teste a um processo de investigação denominado **Pesquisa de Validação** (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004; RAYMUNDO, 2009). Para Raymundo (2009), tal processo não se exaure, o que pressupõe que procedimentos de ajustes devem ser repetidos inúmeras vezes para o mesmo instrumento. Embora isto seja o desejável ou ideal, é imperativo estabelecer limites para que a pesquisa seja exequível.

Em geral, tais investigações recorrem a uma série de técnicas voltadas para a demonstração da validade dos instrumentos. Estas técnicas procuram determinar a validade de construto (ou conceito), validade de conteúdo e validade de critério (RAYMUNDO, 2009; PASQUALI, 2009, 2003). A validade de construto aponta para o ajuste dos dados à teoria sobre o atributo. A validade de conteúdo verifica se os itens determinam o mesmo conteúdo em seus mais diversos aspectos. E, por fim, a validade de critério (chamada também de validade preditiva ou concorrente) que pressupõe a existência de um critério externo suficientemente bem estabelecido que sirva de base contra a qual o teste pode ser comparado.

Wright e Stone (1999) propõem três classes de validades voltadas para os dados que serão avaliados: a validade de ordenação, a validade de critério e a validade de ajuste. A primeira delas opera a validade de conteúdo e a validade de construto, relacionando o conteúdo do item e a ordem de dificuldade deste. Tal ordenação é estabelecida a partir das respostas das pessoas aos itens. A validade de ajuste está relacionada à consistência do padrão de resposta para itens e pessoas. Os índices de ajustes, obtidos a partir da modelagem dos dados, são usados como estatísticas para estimar parâmetros relacionados às pessoas (habilidade, aptidão ou *performance*) e aos itens (índice de dificuldade). Modelos da

<sup>38</sup> Para esses autores, caso não haja uma teoria subjacente sobre o comportamento de resposta aos itens que relacione o atributo às observações empíricas, faz-se necessário adotar modelos de teorias de teste (BORSBOOM; MELLEBERGH; VAN HEERDEN, 2004).

família Rasch nos permitem estimar tais parâmetros de ajustes e outras informações que tratam sobre a dimensionalidade do teste, uma vez que é essencial que no processo de mensuração possamos acessar indícios sobre o traço latente em estudo. Estas duas técnicas de validade apresentadas por Wright e Stone (1999) são especialmente úteis para pesquisas que se fundamentam em teorias de respostas ao item como a que estamos desenvolvendo.

Nesse trabalho, relatamos o processo de validação de um banco de itens que servirá como fonte para a elaboração de cinco testes de conhecimento. Tais testes de conhecimento deverão se constituir instrumentos de coleta de dados de uma investigação mais geral que procura averiguar a evolução do entendimento sobre conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos a partir de um jogo didático.

### **3 DESENVOLVIMENTO DO BANCO DE ITENS**

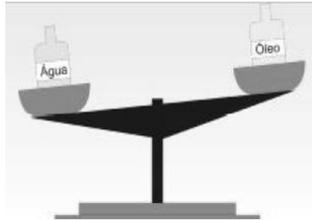
Um banco foi preparado a partir de questões elaboradas pela pesquisadora e adaptadas de exames de vestibulares e de livros didáticos voltados para o Ensino Médio que fizeram parte do Programa Nacional do Livro Didático, edição PNLD 2012. A intenção é que tenhamos um conjunto de itens validados que possam acessar o conhecimento sobre flutuação, podendo ser utilizado para produzir testes de conhecimento a serem aplicados em pesquisas com foco nesse conteúdo. Ele se constituiu de 18 questões abertas/ discursivas (A), 57 itens de “verdadeiro ou falso” (VF) e 13 questões de múltipla escolha (ME). Tais questões versam sobre conceitos envolvidos no fenômeno mencionado, assim como sobre o fenômeno propriamente dito e possuem natureza conceitual e procedimental. A natureza conceitual envolve o entendimento do fenômeno e dos conceitos, bem como a articulação da linguagem científica. Enquanto o caráter procedimental compreende a capacidade do estudante mobilizar o entendimento para resolver situações problema.

Com a finalidade de exemplificarmos modelos dessas questões, expomos, a seguir, ao menos um exemplo de cada um dos tipos de questões.



A11. O faquir é identificado como um indiano islâmico que executa apresentações envolvendo grande resistência à dor. Um desses números está representado na figura ao lado. Se ao subir em um prego, provavelmente, teríamos nossa pele perfurada, como você explica o fato do faquir sentar numa cama de pregos e não se machucar?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]



VF4. Em uma balança coloca-se um litro de água (recipiente à esquerda) e um litro de óleo (recipiente à direita), conforme ilustra a figura. Sobre essa situação, marque V para as sentenças verdadeiras e F para as falsas:

(a) ( ) O óleo tem mais massa por unidade de volume do que a água.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) ( ) A balança provavelmente está descalibrada, porque os volumes são iguais. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(c) ( ) A densidade da água é maior do que a do óleo.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME11. Um corpo maciço mergulhado totalmente num líquido em equilíbrio sofre um empuxo de baixo para cima:

(a) igual ao peso do corpo

(b) menor que o peso do corpo

(c) maior que o peso do corpo

(d) a zero

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

Assim como a questão A11, as demais questões discursivas permitem que o estudante explicita o seu entendimento de maneira dissertativa; logo, diversos níveis de respostas podem ser apresentados. Para análise dessas questões foi construído um sistema categórico a ser detalhado posteriormente.

Em todas as questões existe uma escala do tipo [MS][ S ][ N ][ I ][MI] para que os estudantes indiquem o nível de segurança relativo à resposta por eles fornecida. Tais indicadores podem ser úteis para avaliar a capacidade metacognitiva dos estudantes. Uma instrução sobre como assinalar a escala, bem como seus significados, foi exposta em cada um dos 3 testes de conhecimento preparados para validação do banco de itens, como também nos 5 questionários aplicados durante a intervenção educacional.

A preparação do material voltado para a validação do banco de itens consistiu de três etapas:

(1) avaliação qualitativa do banco de itens por um juiz – nesta fase um professor da Educação Básica e pesquisador em Ensino de Ciências analisou qualitativamente cada item do banco de itens com o intuito de tornar a linguagem utilizada mais clara e adequada, além de verificar possíveis inconsistências sob o ponto de vista conceitual.

(2) seleção de itens que deveriam constituir os questionários (testes de conhecimento) por uma das pesquisadoras. Nesta etapa foram excluídas 3 questões A, 7 itens VF e 2 de ME. Tais questões foram consideradas inadequadas.

(3) distribuição dos itens restantes em três questionários – Após a etapa 2, o banco de itens constava de 15 questões A, 50 VF e 11 de ME. A distribuição desses itens nos 3 testes de conhecimento, que se referem aos instrumentos de validação do banco de itens atendeu apenas a dois critérios: cada instrumento deve ter, aproximadamente, o mesmo número de itens (cerca de 30 itens, em média, por teste), mantendo, na medida do possível, quantidades equivalentes de cada um dos tipos de itens. Deste modo, não houve a preocupação de distribuir os itens nos questionários segundo o nível de dificuldade de cada item, uma vez que esse parâmetro seria considerado a partir dos resultados da modelagem Rasch.

Estes três testes de conhecimento foram aplicados em quatro instituições de ensino público federal e estadual, tendo duração máxima de 50 min.

## **4 DESCRIÇÃO DO ESTUDO**

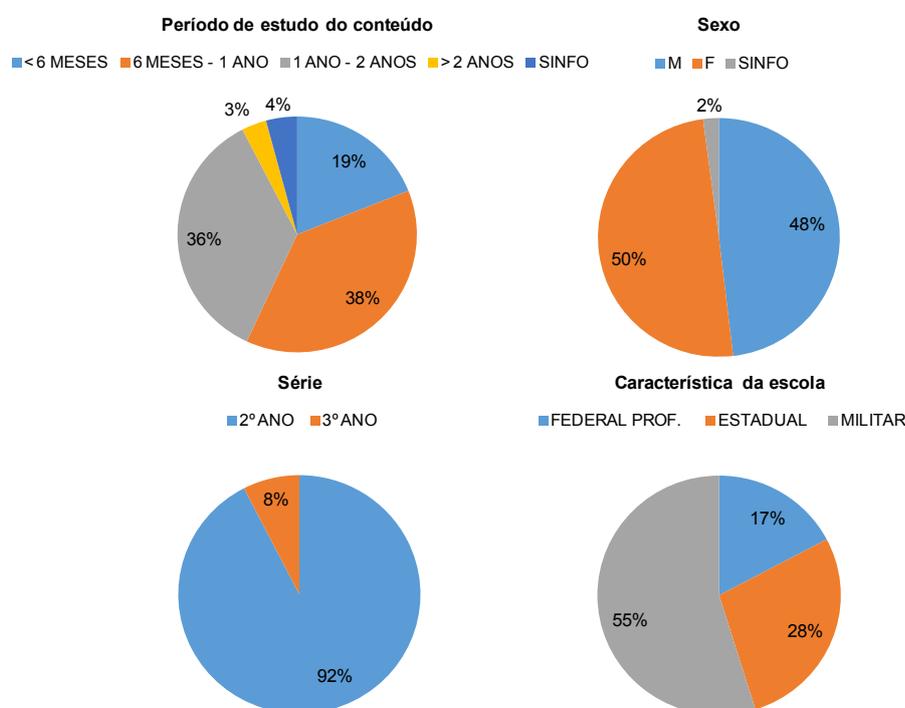
O banco de dados deste trabalho se constitui das respostas, de uma amostra de 237 estudantes, ao conjunto de itens que estão distribuídos em três testes questionários que abordam os conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. Para a análise dos dados coletados, foram utilizados procedimentos de natureza qualitativa e quantitativa. Os resultados obtidos desta análise deverão apontar parâmetros que garantam a validade e confiabilidade do banco de itens. Nesta seção, descrevemos aspectos metodológicos da investigação.

### **4.1 SUJEITOS E CONTEXTO DA PESQUISA**

Os sujeitos envolvidos nesta fase da investigação podem ser agrupados em duas amostras: (i) 237 estudantes do Ensino Médio inscritos em instituições públicas que participaram do processo de validação do banco de itens; (ii) 5 juízes com formação inicial em Física que validaram o sistema categórico proposto para avaliar itens politômicos presentes no banco de itens.

Para a validação do banco de itens, contamos com a colaboração de estudantes de Ensino Médio oriundos de escolas públicas federal de ensino técnico, da rede estadual e militar (instituição federal e estadual de educação) situadas em Salvador e Região Metropolitana (Bahia-Brasil). A participação nesta etapa da investigação estava condicionada ao estudo formal de conceitos-chave envolvidos no conteúdo em estudo, em qualquer período do ano letivo em curso ou anterior ao momento em que foi realizada a recolha dos dados.

O Gráfico 16 exhibe distribuição dos estudantes conforme os seguintes critérios: (a) período em que tais estudantes tiveram contato com conceitos científicos relativos à Física de fluidos; (b) sexo; (c) série; (d) escola de origem.



**Gráfico 16.** Distribuição da amostra de estudantes participantes da validação do banco de itens segundo 4 critérios de classificação: (a) período em que tais estudantes tiveram contato com conceitos científicos relativos a Física de fluidos; (b) sexo dos alunos; (c) série; (d) escolas de origem. A sigla SINFO indica “SEM INFORMAÇÃO”.

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com essa organização, observa-se que:

- o número de estudantes do sexo feminino e masculino é equivalente;
- a maioria dos educandos estudou o conteúdo no período entre 6 meses até 2 anos antes do período de coleta dos dados. Não foi investigada a relação entre este dado e eventos como repetência escolar;
- 92% dos estudantes pertencem ao 2º ano do Ensino Médio;

- 55% dos alunos estão matriculados em instituições militarizadas, seja da rede federal ou estadual de ensino.

Para que as interpretações sobre os itens discursivos que compõem o banco de itens fossem validadas, contamos com a colaboração de um grupo de 5 professores da Educação Básica, licenciados em Física que atuam na região nordeste e sudeste do nosso país. Tais professores avaliaram as respostas dos estudantes segundo uma taxonomia previamente elaborada pela pesquisadora com base nas respostas explicitadas pelos estudantes e na Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980).

#### 4.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Após a preparação dos três testes de conhecimento, realizamos os primeiros contatos com os professores parceiros a partir de uma carta convite entregue em cada uma das quatro unidades escolares colaboradoras.

Conforme agendamento com cada professor, os estudantes foram submetidos, em sala de aula, a um dos três questionários previamente elaborados e respondidos individualmente em 50 min. As unidades de análise correspondem às respostas de 237 estudantes que participaram desta etapa da pesquisa.

O Quadro 9 exibe um recorte de uma das planilhas geradas a partir do processo de transcrição das respostas dos estudantes. Nesta tabela são expostas as respostas tabuladas de 5 estudantes, para 8 itens distintos. Com o propósito de garantir o sigilo sobre a identificação dos estudantes (E) participantes, foi criado um sistema de rubrica que permite os pesquisadores reconhecer a instituição de ensino, o curso técnico (caso haja), a turma e um número de ordem atribuído a cada sujeito da pesquisa.

Para avaliar os diferentes níveis de entendimento explicitados pelos estudantes nos itens de natureza dissertativa, construímos uma escala fundamentada em teoria que versa sobre o desenvolvimento cognitivo do indivíduo.

**Quadro 9.** Exemplo de planilha gerada durante o processo de tabulação de dados

PESSOAS	VF1A	VF1B	VF1C	VF1D	A4	A10	ME1	ME2
EICQA-1	V	V	V	F	Verdadeira. Porque a parte inferior tem que ser maior para que a barragem não quebre, pois se for menor ela quebra		E	D
EICQA-2	V	V	F	F	Verdadeiro. Pois a parte inferior tem que ser mais longa, devido ao constante movimento da água e já a parte superior nem tanto.		D	B
EICQA-3	V	V	V	V	Verdadeiro		D	A
EICQB-7	V	V	V	F	Verdadeira porque a pressão varia devido a altura de onde se está; portanto, a pressão na base da barragem é maior, e é por isso que ela é mais larga para que a barragem não rompa devido a pressão	E=160N, direção vertical, sentido para cima	D	D
ECERB-1	V	V	F	V	Verdadeira. Pois a barragem está adequadamente como deveria. A parte superior é menos larga, mas é comprida o suficiente	O material não irá flutuar, pôs o peso e estrutura não favorece seu empuxo	B	D

Fonte: Dados da pesquisa

### Construção do sistema de categorias

Neste trabalho, a taxonomia aplicada para avaliar o entendimento que os estudantes demonstraram ao responderem itens de natureza discursiva, pressupõe a existência de níveis de complexidade hierárquica do atributo. Tal estrutura subentende a concepção de que o entendimento progride de maneira não linear a partir da influência de fatores internos e externos ao sujeito, a citar: a familiaridade com o conteúdo, o repertório, suporte social, o estado emocional e cognitivo, dentre outros (FISCHER, 1980, 2006). Nesse processo, habilidades de naturezas distintas vão se desenvolvendo e integrando as estruturas cognitivas do sujeito, fazendo com que níveis de entendimento cada vez mais complexos e sofisticados possam emergir. Essa interpretação teórica está pautada na Teoria de Habilidades Dinâmicas - TDH (FISCHER, 1980, 2006), uma teoria neopiagetiana que modela o desenvolvimento cognitivo em estágios.

Com base nessa perspectiva teórica, concebemos a aprendizagem como a evolução temporal do entendimento. Para identificar tal evolução, é preciso constituir critérios que possibilitem a comparação entre a medida de entendimento em uma

série temporal. Deste modo, é possível avaliar se o entendimento verbalizado pelo indivíduo em um instante  $t_i$  é hierarquicamente superior ao atributo no momento  $t_{i-1}$ . O estabelecimento destes critérios muitas vezes perpassa pela construção de uma taxonomia que permita classificar o nível do entendimento manifestado pelo indivíduo. Pesquisadores como Xavier (2018), Castro (2017), Coelho (2011), Amantes (2009), Rappolt-Schlichtmann (2007) e Dawson-Tunik (2006) utilizam estratégias semelhantes para avaliar o entendimento sob o ponto de vista de níveis de desenvolvimento segundo a TDH. Nesse estudo apresentamos um sistema categórico fundamentado na estrutura de complexidade hierárquica da TDH, elaborado para categorizar as respostas dos itens abertos, ferramenta semelhante às desenvolvidas pelos autores supracitados.

### *O sistema categórico*

As categorias do sistema elaborado abrangem tanto os conteúdos científicos envolvidos no fenômeno físico em estudo quanto o nível de complexidade em que o entendimento sobre tais conteúdos podem ser analisados. A resposta para uma questão de caráter politômico que envolve determinado conteúdo pode atender uma, e somente uma, das  $n$  categorias que constituem tal questão. Assim, cada uma das categorias corresponde a um item de natureza dicotômica (a resposta satisfaz ou não a categoria  $k$ ). No Quadro 10 apresentamos uma questão discursiva e seu respectivo sistema categórico.

Embora as categorias explicitem níveis de entendimento, elas não refletem a ideia de estágios de desenvolvimento conforme é estabelecido na TDH. Assim como neste exemplo, os sistemas categóricos das demais questões foram construídos de forma que a categoria  $k_i$  aglutinasse características do item  $k_{i-1}$  à novas estruturas, constituindo-se em uma categoria hierarquicamente mais complexa que o item anterior, semelhante à escala Guttman.

**Quadro 10.** Exemplo de planilha questão discursiva e a descrição das categorias correspondentes

Questão discursiva	Nível de complexidade	Descrição da categoria
A6. Uma bexiga quando está cheia com ar dos nossos pulmões e é solta, ela executa um movimento que acaba levando-a ao solo. Porém, se enchermos a mesma bexiga com certo gás, como o hélio, por exemplo, mantendo o mesmo volume que na situação anterior, o movimento da bexiga é ascendente. O que se pode concluir a respeito deste fato?	NÍVEL 0	Resposta completamente equivocada
	NÍVEL 1	Identifica a densidade como a grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases sem explicitar qual deles apresenta maior densidade; ou, caso presente, pode expressar inconsistências na indicação de qual dos gases apresenta maior densidade
	NÍVEL 2	Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, explicitando corretamente que o He, dentre os gases considerados no fenômeno, apresenta menor densidade
	NÍVEL 3	Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, como também expressa corretamente a relação entre as densidades dos diferentes gases
	NÍVEL 4	Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, como também expressa corretamente a relação entre as densidades dos diferentes gases e explicita aspectos da ação das forças peso e empuxo

Fonte: Dados da pesquisa

É importante sinalizar que, embora a construção desta taxonomia tenha sido pautada inicialmente em uma orientação teórica, o processo de elaboração deste sistema era retroalimentado pelos dados oriundos dos testes aplicados à amostra de 237 estudantes. Ou seja, a TDH nos orientou na preparação da estrutura do sistema categórico a partir dos níveis hierárquicos de complexidade, e a descrição de cada nível foi pautada no conteúdo. Esta estrutura qualitativa de avaliação foi submetida a um processo de validação por juízes antes de ser aplicada aos dados coletados nesta fase da investigação, o que produziu ajustes no sistema categórico previamente proposto.

#### *Validação do sistema categórico*

O sistema categórico construído para avaliar os dados de natureza politômica foi submetido à apreciação de cinco juízes formados em Licenciatura em Física e pesquisadores em Ensino de Ciências que atuam na Educação Básica. O objetivo

desta validação foi verificar a validade da interpretação das respostas de acordo com o sistema elaborado, avaliando para isso o índice de concordância entre as interpretações realizadas pela professora-investigadora e os juízes. Este processo procura mitigar efeitos relativos à subjetividade inerente a avaliação das respostas e garantindo maior neutralidade nas análises.

É importante esse procedimento de validação uma vez que, em uma pesquisa de caráter empírico, faz-se necessário garantir que os produtos de uma análise textual sejam válidos e confiáveis (MORAES, 2003). De acordo com Moraes (2003), o pesquisador pretende refinar a concepção dos fenômenos que investiga a partir de conexões entre os dados empíricos e as teorias que orientam suas interpretações. Ademais, através do conjunto de categorias construídas e das relações entre elas, o pesquisador exercita interlocuções teóricas, bem como a capacidade de abstração e teorização em relação ao fenômeno em estudo. Esse processo pode contribuir para a ampliação do campo teórico, inclusive a partir da proposição de teorias emergentes.

Para realizar tal procedimento, formaram-se três grupos composto por dois juízes, sendo que um dos cinco juízes convidados para participar desta fase da investigação pertenceu a dois grupos distintos. Cada juiz avaliou um conjunto de 5 questões, em que para cada uma delas haviam 10 respostas retiradas do universo de respostas coletadas a partir dos questionários aplicados aos 237 estudantes. Isto significa que 150 respostas no total foram analisadas.

O Quadro 11 exemplifica o material enviado para os cinco juízes. Neste exemplo, expomos apenas uma questão (A6) e uma amostra de cinco respostas apresentadas pelos estudantes.

O índice de concordância entre os avaliadores e os dados atribuídos pela pesquisadora foi determinado através do coeficiente de Kendall. Tal coeficiente é utilizado quando as variáveis são classificadas como consideradas categóricas e ordinais. Portanto, o coeficiente de concordância de Kendall ( $\tau$ ) pode ser empregado para avaliar o grau em que juízes fornecem um ranking comum a um conjunto de objetos (LEGENDRE, 2005).

**Quadro 11.** Modelo do material encaminhado aos avaliadores para validação do sistema de categorias elaborado pela professora-pesquisadora

<b>VALIDAÇÃO DO SISTEMA CATEGÓRICO</b>					
Caros juízes, este quadro condensa as informações necessárias para que, a partir dos dados coletados através das suas indicações na coluna "Escore para a resposta conforme sistema categórico" seja possível validar a categorização dos itens discursivos que compõem o banco de questões do trabalho de doutorado que está sendo desenvolvido com a orientação da professora Dra. Amanda Amantes. Para isso, preencha a coluna "Escore para a resposta conforme sistema categórico" com o valor do "Escore" que você julga que cada resposta esteja associada. Note que tal valor (Escore) se refere a um nível de resposta segundo o sistema categórico previamente estabelecido. Este sistema subtende níveis de complexidade do entendimento e foi construído a partir da relação entre uma teoria subjacente e os dados coletados da amostra respondente de um conjunto de 3 testes aplicados a estudantes de Ensino Médio de escolas públicas estadual e federal. Desde já, agradeço a sua contribuição e me coloco à disposição para tirar quaisquer dúvidas a respeito da investigação acima citada. Saudações, Madaya Aguiar.					
<b>Questões</b>	<b>Sistema categórico</b>	<b>Escore</b>	<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>	<b>Escore para a resposta segundo sistema categórico</b>
A6. Uma bexiga quando está cheia com ar dos nossos pulmões e é solta, ela executa um movimento que acaba levando-a ao solo. Porém, se enchermos a mesma bexiga com certo gás, como o hélio, por exemplo, mantendo o mesmo volume que na situação anterior, o movimento da bexiga é ascendente. O que se pode concluir a respeito deste fato?	NÍVEL 0: Resposta completamente equivocada	0	ECMSA-9	Que o gás contido na bexiga e o dos nossos pulmões são de densidades diferentes.	
	NÍVEL 1: Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases sem explicitar qual deles apresenta maior densidade; pode apresentar inconsistências na indicação de qual dos gases apresenta maior densidade	1	EICQB-12	O gás hélio é diferente do gás carbono, que faz com que a bexiga tenha um comportamento distinto ao ser solto.	
	NÍVEL 2: Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, explicitando corretamente que o He, dentre os gases considerados no fenômeno, apresenta menor densidade	2	ECMSD-10	Que o gás hélio é para cima. Enquanto o ar dos nossos pulmões não são.	
	NÍVEL 3: Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, como também descreve a relação entre as densidades dos diferentes gases	3	ECMSD-12	A conclusão é que a densidade da bexiga é menor que o he e maior que o ar dos pulmões humanos.	
	NÍVEL 4: Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, como também descreve a relação entre as densidades dos diferentes gases e explicita aspectos da ação das forças peso e empuxo	4	ECPMA-8	O gás hélio por ser um gás de massa muito pequena a tendência é subir, provocando assim esse fenômeno físico.	

Com os dados oriundos das planilhas devidamente preenchidas pelos juízes foi possível determinar o coeficiente de Kendall através do *software* SPSS Statistics 2.0. A Tabela 6 exhibe, em destaque, os valores de  $\tau$  e  $p$  (significância estatística) entre cada juiz e o pesquisador. Considerando o tamanho da amostra e a dependência deste coeficiente com este parâmetro, a significância estatística adotada nesta pesquisa equivale a  $p < 0,05$ .

**Tabela 6.** Tabela cruzada contendo os valores de coeficientes de Kendall entre os pares de juízes de cada grupo e entre estes e a professora-pesquisadora

Concordância - G1 e REFERÊNCIA (REF)				Concordância - G2 e REFERÊNCIA (REF)				Concordância - G3 e REFERÊNCIA (REF)						
		REF	J1	J2		REF	J3	J4		REF	J5	J2		
REF	$\tau$	1,00	<b>0,66</b>	<b>0,55</b>	REF	$\tau$	1,00	<b>0,79</b>	<b>0,76</b>	REF	$\tau$	1,00	<b>0,67</b>	<b>0,72</b>
	$p$		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		$p$		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		$p$		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	N	50	50	50		N	50	50	49		N	50	47	49
J1	$\tau$	<b>0,66</b>	1,00	0,53	J3	$\tau$	<b>0,79</b>	1,00	0,75	J5	$\tau$	<b>0,67</b>	1,00	0,61
	$p$	<b>0,00</b>		0,00		$p$	<b>0,00</b>		0,00		$p$	<b>0,00</b>		0,00
	N	50	50	50		N	50	50	49		N	47	47	46
J2	$\tau$	<b>0,55</b>	0,53	1,00	J4	$\tau$	<b>0,76</b>	0,75	1,00	J2	$\tau$	<b>0,72</b>	0,61	1,00
	$p$	<b>0,00</b>	0,00			$p$	<b>0,00</b>	0,00			$p$	<b>0,00</b>	0,00	
	N	50	50	50		N	49	49	49		N	49	46	49

Observação: a diferença nos valores de N se deve à existência de dados faltantes.

Fonte: Dados da pesquisa

Mazurek (2011) propõe a seguinte interpretação para valores deste coeficiente:  $\tau = 0$ , nenhuma concordância;  $0 < \tau < 0,2$ , concordância muito baixa;  $0,2 < \tau < 0,4$ , concordância baixa;  $0,4 < \tau < 0,7$ , concordância moderada;  $0,7 < \tau < 0,9$ , concordância alta;  $0,9 < \tau < 1,0$ , concordância muito alta;  $\tau = 1,0$ , concordância absoluta. Para Legendre (2005), um bom índice de concordância é dado por valores de  $\tau > 0,5$ . Embora todos os valores de  $\tau$  encontrem-se acima de 0,5, segundo a classificação proposta por Mazurek (2011), 50% dos resultados obtidos apresentam concordância moderada e 50% concordância alta. Os valores de  $\tau$  entre os juízes e a pesquisadora apresentam módulos maiores que as estimativas entre pares de juízes. Isto indica que as interpretações dos juízes foram mais endossadas pela professora-investigadora do que entre os próprios juízes.

Este representa um resultado favorável em relação à confiabilidade e validade da taxonomia previamente elaborada. A análise qualitativa das sugestões realizadas pelos avaliadores e registradas no material encaminhado nos permitiu indexar

categorias que não haviam sido contempladas. Como produto destes procedimentos de validação, obtivemos um sistema categórico suficientemente alinhado ao objetivo relacionado à análise das questões dissertativas.

### **Categorização de itens e preparação da matriz de resposta**

Com o sistema categórico validado e concluída a transcrição dos dados na planilha exemplificada no Quadro 9, as respostas dos itens dicotômicos que envolvem questões do tipo “verdadeiro ou falso” (VF) e de múltipla escolha (ME) foram classificadas em 1, se a resposta estivesse correta, ou 0, se a resposta estivesse incorreta.

As respostas dos itens discursivos foram categorizadas de acordo com a taxonomia elaborada. Conforme esta categorização, cada questão dissertativa pode ser constituída por 3 a 7 níveis hierárquicos de complexidade do entendimento. Deste modo, os 15 itens politômicos foram desdobrados em 71 itens de caráter dicotômico. Estes itens, juntamente com questões de múltipla escolha (ME) e “verdadeiro ou falso” (VF), totalizaram 132 itens. Estes dados formaram uma matriz de resposta semelhante à exposta na Tabela 7

**Tabela 7.** Matriz de resposta gerada a partir dos dados apresentados no **Quadro 9**

<b>PESSOAS</b>	<b>VF1A</b>	<b>VF1B</b>	<b>VF1C</b>	<b>VF1D</b>	<b>A4</b>	<b>A10</b>	<b>ME1</b>	<b>ME2</b>	<b>ME3</b>	<b>ME5</b>
EICQA-1	1	1	1	1	1		0	1	0	1
EICQA-2	1	1	0	1	1		1	0	0	1
EICQA-3	1	1	1	0	1		1	0	0	1
EICQB-7	1	1	1	1	3	2	1	1	0	0
ECERB-1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0

Fonte: Dados da pesquisa

Esta planilha serviu como dados de entrada para a análise quantitativa. Esta, por sua vez, foi empregada para identificar parâmetros das pessoas (habilidades) e dos itens (índice de dificuldade), bem como verificar características do traço ao qual desejamos medir, a citar a dimensionalidade do atributo. A partir deles e de um conjunto de outros índices pudemos: (i) avaliar a adequação dos itens que constituem o banco; (ii) ordenar os itens segundo os seus níveis de dificuldade; (iii) levantar indícios sobre a unidimensionalidade do traço latente. Para estimar tais medidas, apoiamo-nos na modelagem Rasch e análise fatorial. A modelagem destes

dados foi realizada utilizando os *softwares* WINSTEPS e SPSS *Statistics* 2.0 e pacotes estatísticos do R.

### 4.3 ANÁLISE E RESULTADOS

O banco de itens, foco deste trabalho, foi submetido a uma validação exploratória que compreendeu o estudo de (a) estimativas relacionadas aos parâmetros de pessoas (habilidade) e itens (dificuldades) a partir da Modelagem Rasch; e (b) índices associados à análise fatorial.

Essa análise foi realizada com suporte dos *softwares* WINSTEPS 3.70, para verificar os índices de ajuste Mean-Square (*outfit mean square* e *infit mean square*) e outros índices relativos a estimativas de confiabilidade; e de pacotes de estatística computacional R e o *software* SPSS *Statistics* 2.0, para avaliar ajustes dos dados empíricos a modelos avaliam a dimensionalidade do teste em relação ao traço latente. Após a análise desses índices, utilizamos os mapas de itens para mediar a construção de cinco testes de conhecimento com base no nível de dificuldade dos itens.

Com o intuito de obter medidas referentes à proficiência dos estudantes e aos índices de dificuldade de cada item, utilizamos um dos Modelos da família Rasch. Estes modelos de mensuração têm sido amplamente utilizados para modelar dados oriundos de avaliação em larga escala (a citar, o ENEM) e em pesquisas desenvolvidas na área de Psicologia e Educação.

Eles pressupõem que a probabilidade de um sujeito responder corretamente um item  $i$  depende de dois parâmetros: um atributo do próprio sujeito (habilidade, aptidão ou proficiência) e um atributo do item (índice de dificuldade). Estes parâmetros tanto independem da amostra (*sample-free*) quanto do instrumento (*test-free*). Este pressuposto teórico, denominado objetividade específica, é um dos pilares dos Modelos Rasch, visto que torna possível realizar “comparações entre itens sem referência às pessoas e comparações entre pessoas sem referência aos itens” (MEAD, 2008, p. 9, tradução nossa).

O modelo adotado nesse trabalho é conhecido como Modelo Logístico Simples (ou Modelo de 1 Parâmetro) e pode ser descrito pela seguinte função logística:

$$P(x_{pi} = 1 | \beta_p, \delta_i) = \frac{e^{(\beta_p - \delta_i)}}{1 + e^{(\beta_p - \delta_i)}}$$

em que

$P(x_{pi} = 1 | \beta_p, \delta_i)$  = probabilidade de acerto do item  $i$

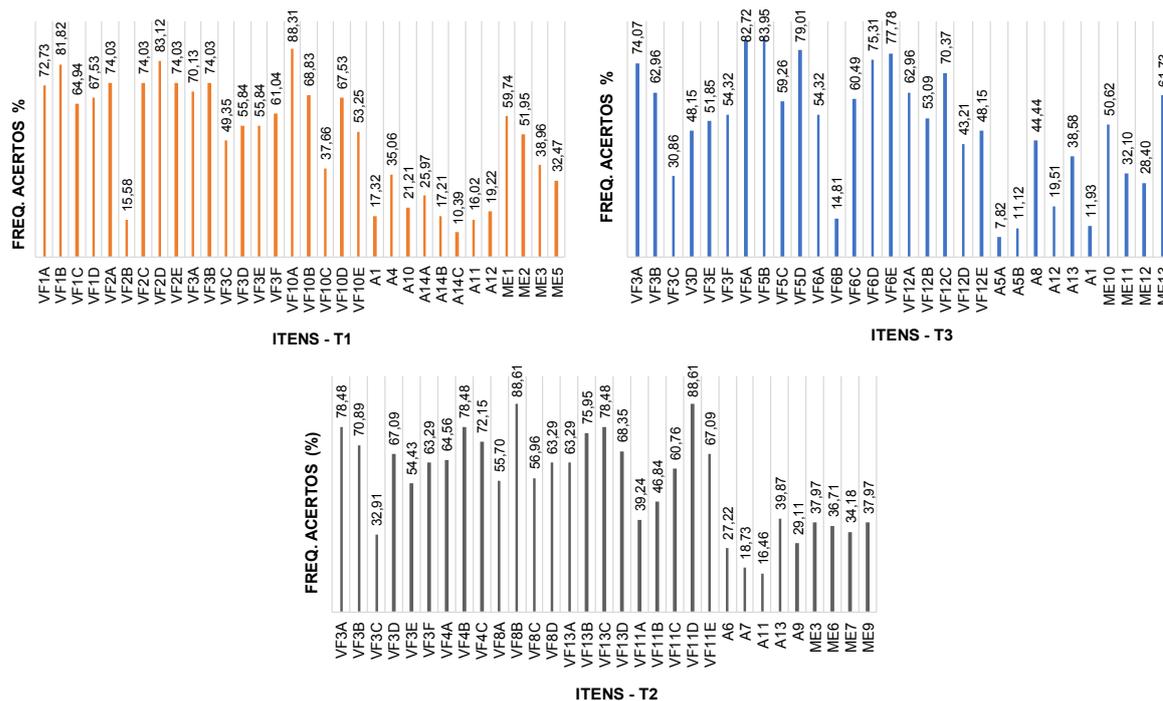
$x_{pi}$  = resposta  $x$  feita pela pessoa  $p$  ao item  $i$

$\beta_p$  = parâmetro da pessoa  $p$

$\delta_i$  = parâmetro do item  $i$

Decorre dos modelos da família Rasch a possibilidade de realizar comparações entre as medidas de dificuldade e habilidade de maneira direta, uma vez que ambas estimativas são fornecidas em um escala intervalar dada em *logit*. A análise sobre as características e ajustes dos dados procurou: (i) verificar a dimensionalidade dos testes (e em última instância do banco de itens); e (ii) avaliar os ajustes dos itens e pessoas, incluindo índices que apontam para a confiabilidade do instrumento.

O Gráfico 17 mostra a frequência de acerto, em porcentagem, dos 3 testes que se constituem no banco de itens. A partir da sua análise, podemos observar que nenhum item apresentou zero ou o total de acertos, o que levaria à sua eliminação pela impossibilidade de estimar o seu parâmetro e enviesar as outras medidas. A frequência de acerto média das questões dissertativas foi de 22,65% (DP<sup>39</sup> = 10,96). Este valor e outras análises sofreu interferência do elevado número de dados faltantes.



**Gráfico 17.** Frequência de acerto, em porcentagem, dos itens que compõem os três testes (T1, T2 e T3) que constituem o banco de itens.

Fonte: Dados da pesquisa

## Análise Rasch

Inicialmente, avaliamos as estimativas de ajustes das pessoas e dos itens. Para averiguar o ajuste dos itens dos testes, analisamos o Infit Mean-Square (INFIT) e Outfit Mean-Square (OUTFIT). Os dados obtidos dessa análise encontram-se apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Síntese dos dados gerados pelo modelo Rasch que apresenta os índices de ajustes das pessoas e dos itens para cada um dos testes aplicados à amostra

	T1		T2		T3	
	PESSOAS	ITENS	PESSOAS	ITENS	PESSOAS	ITENS
<b>MEDIDA MÉDIA</b>	0,36	0,00	0,43	0,00	0,15	0,00
<b>DP MÉDIO</b>	0,83	0,98	0,64	0,94	0,91	1,10
<b>INFIT MÉDIO</b>	1,0	1,01	0,97	0,99	0,99	0,98
<b>INFIT MÁX</b>	1,78	1,43	2,11	1,18	1,96	1,32
<b>INFIT MÍN</b>	0,38	0,81	0,52	0,72	0,44	<b>0,36</b>
<b>OUTFIT MÉDIO</b>	0,98	0,98	1,02	1,00	1,02	1,01
<b>OUTFIT MÁX</b>	1,74	1,49	1,86	1,34	2,81	<b>1,64</b>
<b>OUTFIT MÍN</b>	0,22	0,63	0,48	0,68	0,43	<b>0,29</b>
<b>SEPARAÇÃO</b>	1,90	3,60	1,21	3,45	1,91	4,08
<b>CONFIABILIDADE</b>	0,78	0,93	0,59	0,92	0,78	0,94
<b>ALFA DE CRONBACH</b>	0,85		0,78		0,84	

Fonte: Dados da pesquisa

A partir da Tabela 8 observamos que o ajuste para os itens que compõem o teste 1 (T1) e o teste 2 (T2) está satisfatório, visto que as variações para o MnSq se encontram dentro dos limites ( 0,5 e 1,5 ) aceitáveis (LINACRE, 2002). Porém, para o teste 3 (T3), itens apresentaram valores de INFIT e OUTFIT fora deste intervalo. Valores MnSq > 1.5 indicam que o pessoas com menor proficiência estão acertando itens com níveis maiores de dificuldades e vice-versa., . Valores de MnSq < 0.5 não discriminam pessoas com distintas proficiências, contribuindo pouco para a definição do construto.

A Tabela 9 apresenta as estimativas obtidas para os itens que compõem T3.

**Tabela 9.** INFIT e OUTFIT dos itens do teste 3

ITEM	MEDIDA	DP	INFIT	OUTFIT	ITEM	MEDIDA	DP	INFIT	OUTFIT
A1	2,20	0,21	0,99	0,74	VF6A	-0,14	0,25	0,85	0,83
VF6B	2,16	0,33	<b>1,09</b>	<b>1,55</b>	VF3E	-0,15	0,25	1,14	1,25
A5A	1,81	0,22	0,72	0,79	VF3F	-0,27	0,25	1,00	0,94
A5B	1,48	0,21	<b>0,36</b>	<b>0,29</b>	VF5C	-0,36	0,25	0,81	0,73
ME12	1,20	0,27	1,04	1,12	VF6C	-0,44	0,25	0,82	0,76
A12	1,13	0,15	1,24	1,24	ME13	-0,49	0,25	1,04	0,97
VF3C	0,99	0,27	1,04	1,07	VF12A	-0,52	0,25	1,03	0,98
ME11	0,99	0,26	1,20	1,29	VF3B	-0,61	0,26	1,05	0,97
A13	0,44	0,15	0,97	0,86	VF12C	-0,97	0,27	<b>1,16</b>	<b>1,58</b>
VF12D	0,40	0,25	0,77	0,76	VF3A	-1,25	0,28	1,17	1,50
VF3D	0,13	0,25	0,91	0,89	VF6D	-1,30	0,28	0,88	0,71
A8	0,10	0,17	<b>1,32</b>	<b>1,64</b>	VF6E	-1,43	0,29	0,86	0,69
VF12E	0,09	0,25	1,14	1,17	VF5D	-1,47	0,29	1,05	1,28
VF12B	-0,04	0,24	0,88	0,83	VF5A	-1,75	0,31	0,92	0,68
ME10	-0,10	0,26	0,88	0,86	VF5B	-1,85	0,32	1,10	1,41

Fonte: Dados da pesquisa

A partir da Tabela 9 verificamos que os itens VF6B, VF12C e A8 são itens erráticos (isto é, em desajuste), visto que apresentam valores MnSq > 1.5. O item A5B, embora apresente MnSq < 0.5, não representa ameaça para a validade do teste (LINACRE, 2002). Vale destacar que tais valores se referem ao OUTFIT – índice mais sensível aos dados empíricos, a citar os *outliers*. Deste modo, este resultado deve nos preocupar menos do que se essas medidas estivessem relacionadas ao INFIT. Linacre (2012a) aponta que um valor elevado de INFIT põe em suspensão a validade do item uma vez que ele pode indicar padrões de respostas imprevisíveis. Com base nessas estimativas e na releitura dos itens, resolvemos retirar do banco o item VF6B e reformular os itens VF12C, A8 e A5B.

A Tabela 8 exibe também valores de confiabilidade dos itens e pessoas, alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) e o coeficiente de separação das pessoas e itens. Sabe-se que a

medida Rasch para a confiabilidade das pessoas é o homólogo teórico do alfa de Cronbach. De modo geral, valores para o alfa de Cronbach ( $\alpha$ )<sup>40</sup> abaixo de 0.70 refletem medidas inconsistentes e pouco confiáveis (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006). De acordo com os dados apresentados, os instrumentos podem ser classificados como tendo confiabilidades apropriadas. Além disso, eles apontam para dois outros resultados que se referem à validade e unidimensionalidade do instrumento (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006). Na análise quantitativa, a validade é assegurada pela representatividade da amostra e teste de consistência interna (OLIVERIA; PICCININI, 2009), afinal, “qualquer medida para ser válida enquanto medida de um dado construto, tem necessariamente de ser confiável” (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006, p. 67).

A confiabilidade das pessoas está relacionada à precisão com que os itens discriminam os sujeitos em alta e baixa habilidade. Tais coeficientes foram iguais a 0,78 para T1, 0,59 para T2 e 0,78 para T3. Estes valores juntamente com coeficientes de separação menores que 2,00 podem indicar a necessidade de aumentar o número de itens (LINACRE, 2012b) ou distribuir os itens por níveis de dificuldade de maneira que o teste se torne sensível o suficiente para distinguir os sujeitos que possuem baixa e alta proficiência em relação aos conteúdos associados ao fenômeno físico tratado nos testes. Esta última foi a decisão metodológica adotada para a construção dos testes de conhecimento utilizados na intervenção educacional.

Os coeficientes relacionados à separação dos itens são superiores a 3,00 em todos os testes e as confiabilidades dos itens para os três questionários correspondem a valores maiores que 0,90. Estes resultados garantem a ordenação dos itens em termos de suas dificuldades, sendo possível distingui-los em ao menos três níveis. Isto significa que, embora os nossos itens pareçam apresentar limitações para discriminar pessoas de baixa e alta habilidade, a hierarquia associada à ordenação dos itens é confiável. Esta ordenação pode ser observada a partir dos mapas de itens de cada um dos testes (Figura 8).

A análise da distribuição dos itens neste mapa nos permitiu:

<sup>40</sup> De acordo com a Teoria Clássica dos Testes, embora existam diversos parâmetros que estimam confiabilidade das medidas, o alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) é muitas vezes considerado o principal estimador estatístico de consistência interna (PASQUALI, 1996). Este coeficiente pode assumir valores entre 0 a 1, porém, pode ser também inferior 0, o que acontece quando a correlação média entre as medidas é negativa.

(a) identificar os itens de acordo com os níveis de dificuldade de forma a possibilitar escolher grupos de itens com dificuldades distintas para construir testes sobre o conteúdo de flutuação. O Quadro 12 apresenta a distribuição dos itens em termos de três níveis de dificuldade: alta dificuldade (IAD), média dificuldade (IMD) e baixa dificuldade (IBD);

(b) observar que a maioria de sujeitos está contida no intervalo medido pelos itens dos três testes, o que indica que esses itens estão adequados para medir as habilidades das pessoas (FERNANDES; PIETRO; DELGADO, 2015).

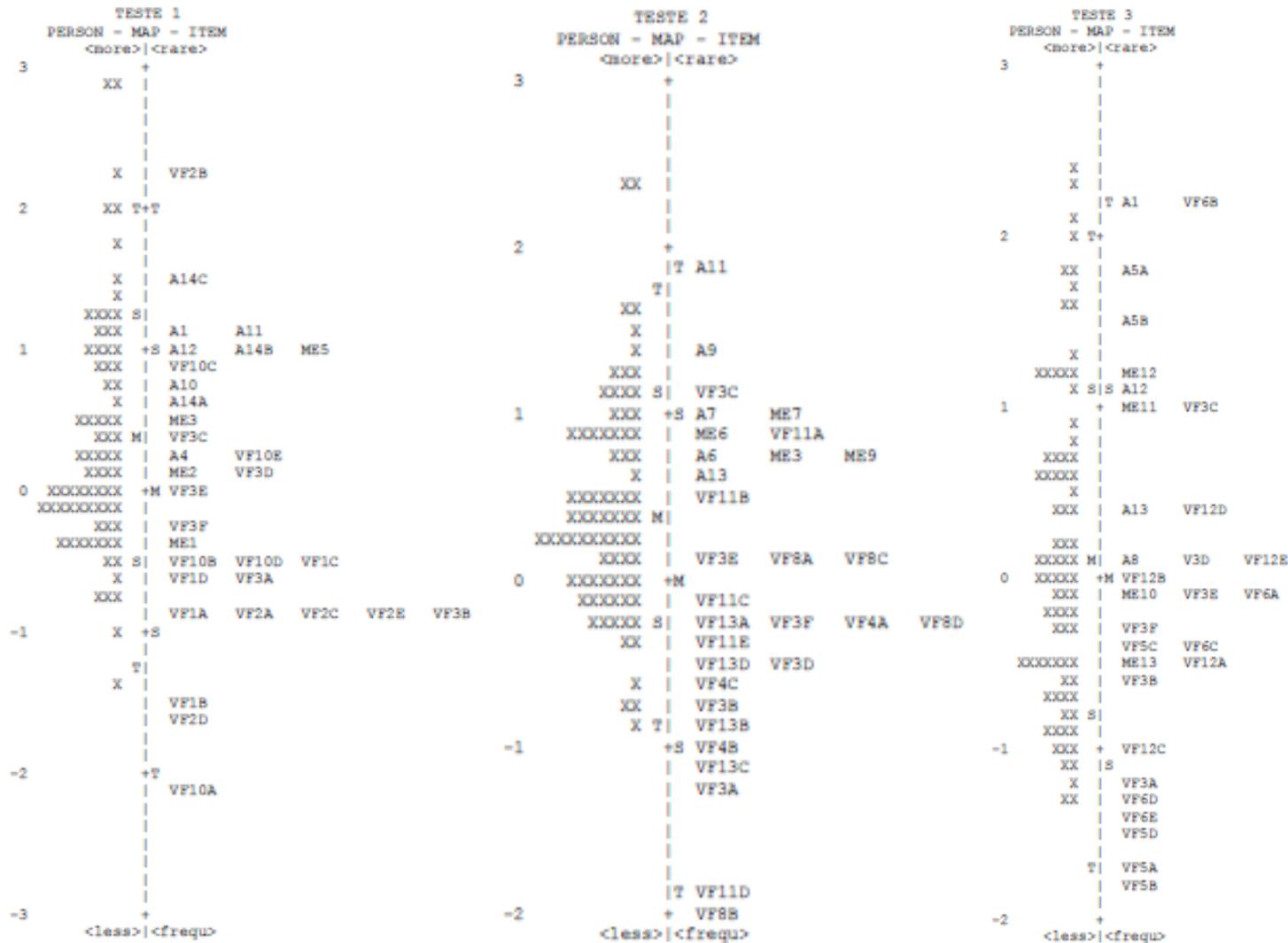
De modo geral, os resultados obtidos apontam para a validade de ordenação e bom ajustes (WRIGHT; STONE, 1999) do banco de itens.

**Quadro 12.** Distribuição dos itens segundo três distintos níveis de dificuldade

	IAD	IMD	IBD
A	A1; A5A; A5B; A9; A11; A12; A14B; A14C	A4; A6; A7; A8; A10; A13; A14A;	
VF	VF2B; VF10C	VF1C; VF1D; VF3C; VF3D; VF3E; VF6A; VF8A; VF8C; VF10B; VF10D; VF10E; VF11A; VF11B; VF11C; VF12B; VF12D; VF12E	VF1A; VF1B; VF2A; VF2C; VF2D; VF2E; VF3A; VF3B; VF3F; VF4A; VF4B; VF4C; VF5A; VF5B; VF5C; VF5D; VF6C; VF6D; VF6E; VB8B; VF8D; VF10A; VF11D; VF11E; VF12A; VF12C; VF13A; VF13B; VF13C; VF13D;
ME	ME5; MF12	ME1; ME2; ME3; ME6; ME7; ME9; ME10; ME11	ME13

Fonte: Dados da pesquisa

Para avaliar a dimensionalidade da escala que mede o traço latente, Tennant e Pallant (2006) reportam a existência na literatura de três abordagens amplamente utilizadas. Uma delas sustenta a suposição de que o ajuste dos itens ao modelo indica unidimensionalidade (TENNANT; PALLANT, 2006). Segundo essas autoras, também é possível analisar esse pressuposto relacionado à mensuração de variáveis latentes a partir do índice de unidimensionalidade de Wright, definido como a razão entre o coeficiente de separação das pessoas usando o erro padrão do modelo (RMSE Model) e o coeficiente de separação das pessoas usando o erro padrão real (RMSE Real). Valores deste quociente acima de 0,9 indicam unidimensionalidade; menores ou igual a 0.5 apontam multidimensionalidade; índices entre esses valores carregam incerteza e demandam outras análises (TENNANT; PALLANT, 2006).



\* Cada "X" equivale a 1 individuo

**Figura 8.** Mapas de itens para os três testes utilizados no processo de validação do banco de itens  
 Fonte: Dados da pesquisa

Em nosso caso, os índices de unidimensionalidade de Wright para os três testes que constituem são maiores que 0,9 (1,06 para T1 e T3, e 1,09 para T2), indicando que os testes são predominantemente unidimensionais.

Embora os resultados mostrados até aqui levantem evidências sobre a unidimensionalidade da escala, a análise da variância residual é considerado um caminho para compreender as eventuais dimensões/fatores que interfiram na medida do traço latente. A Tabela 10 exhibe uma síntese dos dados relativos à variância residual para cada um dos três testes aplicados. Desta tabela nos interessa observar o quanto da variância pode ser explicada pelas medidas e a variância não explicada no primeiro contraste. Segundo Linacre (2008), quando os desvios padrão do parâmetro das pessoas e dos itens são próximos de 1 *logit*, então apenas 25% da variância nos dados é explicada pelas medidas de Rasch. Pela Tabela 8, é possível notar que os nossos dados se encaixam nesse caso, porém a variância explicada pelo modelo para os testes em análise é superior 30%, o que significa que nosso instrumento mede melhor o traço do que o esperado.

**Tabela 10.** Síntese dos dados gerados pelo modelo Rasch a respeito da dimensionalidade dos itens para cada um dos testes aplicados à amostra

	T1		T2		T3	
	Empírico	Modelado	Empírico	Modelado	Empírico	Modelado
<b>Variância explicada pelas medidas</b>	37,5%	39,8%	37,4%	34,6%	44,4%	44,0%
<b>Variância explicada pelas pessoas</b>	18,2%	19,3%	13,4%	12,4%	18,5%	18,4%
<b>Variância explicada pelos itens</b>	19,3%	20,5%	24,0%	22,2%	25,9%	25,6%
	<b>Auto-valor</b>	<b>%</b>	<b>Auto-valor</b>	<b>%</b>	<b>Auto-valor</b>	<b>%</b>
<b>Variância não explicada pelo 1º contraste</b>	2,7	5,2%	2,6	5,2%	2,6	4,8%

Fonte: Dados da pesquisa

Quanto à variância não explicada pelo 1º contraste, autovalores abaixo de 2,0 são considerados ruídos, porém, quando tal variância apresenta autovalor superior a este valor deve ser investigada, pois pode indicar a existência de outras dimensões no teste (LINACRE, 2012c). Devido a este achado, decidimos realizar análise fatorial exploratória dos dados.

## **Análise Fatorial Exploratória**

De acordo com Pasquali (2003), a orientação em realizar análise fatorial (AF), seja exploratória ou confirmatória, é uma tradição em Psicometria. A análise fatorial exploratória (AFE) é amplamente utilizada no desenvolvimento, avaliação e refinamento de instrumentos de mensuração de variáveis latente. Esta técnica procura identificar, nos dados empíricos, os construtos previamente operacionalizados no instrumento (PASQUALI, 2003). Isto é, avalia-se um conjunto de variáveis com a finalidade de identificar o número e natureza de dimensões latentes (fatores), a partir de uma matriz de dados, que explicam a covariância entre os itens; as variâncias específicas (parcelas individuais dos itens) que não covariam entre si, não são consideradas (DAMÁSIO, 2012).

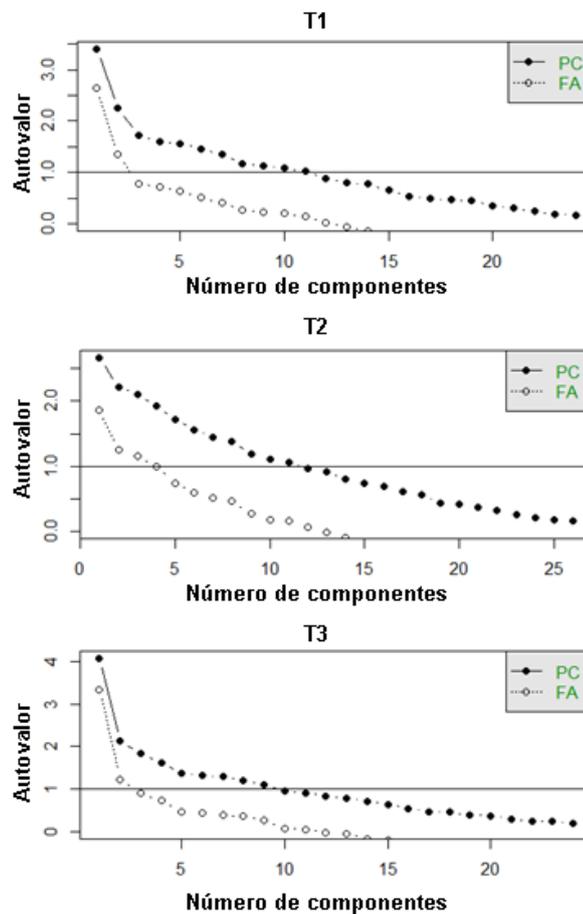
Quando a análise fatorial demonstra empiricamente que o modelo de 1 fator é suficiente para explicar adequadamente a matriz de dados, então o teste se constitui como uma representação legítima do construto (PASQUALI, 2003), e estaria, portanto, aceito o pressuposto de unidimensionalidade do traço latente.

Utilizando o método de extração de fatores a partir da análise de componentes principais (ACP), foi possível avaliar o número de componentes principais retidos pela AF, através da aplicação de dois métodos (teste de Catell ou *scree plot* e análise paralela, ambos adotando o critério de Kaiser-Guttman), e a análise de cargas fatoriais associadas ao item e os possíveis componentes que explicam a variação dos dados. Esta última, segundo Pasquali (2003), representa a saturação que o item tem com o construto, o que constitui a covariância (correlação) entre cada item e o fator (traço latente). Segundo Comrey e Lee (1992 apud LAROS, 2012), valores para este parâmetro iguais ou superiores a 0,71 são excelentes, maiores que 0,63 são consideradas muito boas, maiores que 0,55 são boas, maiores que 0,45 razoáveis e maiores que 0,32 pobres. Geralmente, a carga fatorial mínima necessária para a variável ser um representante útil do fator deve exceder o valor absoluto de 0,30 (LAROS, 2012). Nesta pesquisa, adotamos valores de cargas fatoriais maiores ou iguais a 0,45 como relevantes.

Um dos problemas enfrentados no emprego da ACP é que este método não é recomendado quando se têm muitos zeros na matriz de dados, ou muitos dados ausentes (NEISSE; HONGYU, 2016). Este último se enquadra nas matrizes de respostas dos nossos dados: o número de dados faltantes relativos às questões

discursivas foi expressivo. Por isso, decidimos retirar da análise todos os dados referentes a este tipo de questão.

As primeiras análises empregadas se referem aos métodos de retenção com base na análise por meio do *scree plot* e da análise paralela, empregando o critério de Kaiser-Guttman. Este critério assume que todo e qualquer componente com autovalor maior que 1 pode influenciar na variância explicada pelos dados (NEISSE; HONGYU, 2016). Na Figura 9, apresentamos o *scree plot* para cada um dos testes. A partir desses gráficos<sup>41</sup>, observamos que, em T1 e T3, 9 componentes explicam a variância, respectivamente, e em T2, temos a indicação de 11 componentes.



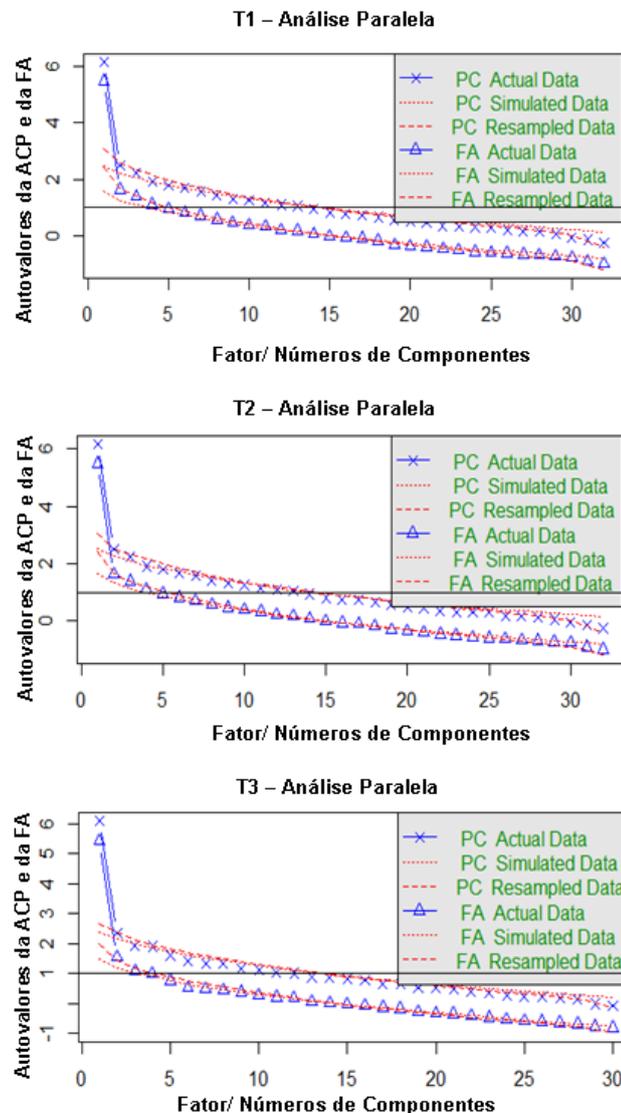
**Figura 9.** *Scree plot* dos autovalores dos componentes principais para T1, T2 e T3.  
Fonte: Dados da pesquisa

Embora esse método seja largamente aplicado, existe consenso na literatura de que seus resultados são imprecisos, visto que se tende a superestimar o número de componentes (DAMÁSIO, 2012). Deste modo, apesar de os resultados

<sup>41</sup> A linha traçada no autovalor igual a 1 nos orienta que o número de componentes que explicam a variância corresponde ao número de pontos que pertencem à curva PC acima desse valor limite.

apresentados na Figura 9 parecerem indicar que os instrumentos sejam multidimensionais, faz-se necessário ainda avaliar o comportamento gráfico a partir da análise paralela e as cargas fatoriais associadas a cada componente.

Conforme a Figura 10, observa-se a diminuição dos componentes que explicam a variação dos dados: 4 componentes para T1 e T2; 3 componentes para T3. Embora a análise paralela tenha sido desenvolvida, inicialmente, para ser utilizada como critério de retenção de componentes, ela tem sido adaptada para o contexto da AFE (DAMÁSIO, 2012), sendo considerado um dos métodos mais precisos, mesmo apresentando uma leve tendência à superestimação do verdadeiro número de fatores (LAROS, 2012).



**Figura 10.** Representação gráfica das análises paralelas para os testes T1, T2 e T3  
Fonte: Dados da pesquisa

Fundamentados neste resultado, procuramos, por fim, avaliar as cargas fatoriais associadas a cada um dos componentes relacionados a cada um dos itens que constituem os três testes (Tabela 11).

**Tabela 11.** Cargas fatoriais relativas aos itens que constituem os testes T1, T2 e T3

Itens	Componentes – T1				Itens	Componentes – T2				Itens	Componentes – T3		
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3
<b>VF1A</b>	0.23	0.02	0.15	-0.04	<b>VF3A</b>	-0.01	-0.21	0.23	0.03	<b>VF3A</b>	-0.18	0.30	-0.23
<b>VF1B</b>	0.35	-0.03	0.17	0.05	<b>VF3B</b>	0.18	0.11	-0.07	0.11	<b>VF3B</b>	0.07	0.35	0.25
<b>VF1C</b>	0.55	0.04	0.07	-0.14	<b>VF3C</b>	0.03	0.18	0.19	-0.15	<b>VF3C</b>	0.15	0.23	-0.06
<b>VF1D</b>	0.60	0.09	0.06	-0.02	<b>VF3D</b>	-0.15	0.22	0.36	-0.20	<b>V3D</b>	0.31	0.31	0.07
<b>VF2A</b>	-0.17	0.01	0.23	0.32	<b>VF3E</b>	-0.01	0.07	-0.12	0.44	<b>VF3E</b>	0.10	-0.02	-0.01
<b>VF2B</b>	0.06	0.31	0.09	0.04	<b>VF3F</b>	0.51	0.13	0.18	-0.25	<b>VF3F</b>	0.06	0.52	-0.36
<b>VF2C</b>	-0.02	0.22	0.03	0.22	<b>VF4A</b>	0.16	0.08	0.45	0.16	<b>VF5A</b>	0.18	0.23	0.39
<b>VF2D</b>	0.10	-0.12	-0.08	0.26	<b>VF4B</b>	0.00	-0.24	0.37	-0.29	<b>VF5B</b>	0.04	-0.01	0.69
<b>VF2E</b>	0.03	-0.12	0.07	0.52	<b>VF4C</b>	-0.03	-0.16	0.74	-0.02	<b>VF5C</b>	0.70	-0.05	0.12
<b>VF3A</b>	0.30	-0.15	-0.11	0.21	<b>VF8A</b>	0.41	0.10	0.09	0.41	<b>VF5D</b>	0.28	-0.21	-0.03
<b>VF3B</b>	-0.33	0.11	-0.07	0.28	<b>VF8B</b>	-0.29	0.02	-0.05	-0.08	<b>VF6A</b>	0.43	0.31	-0.12
<b>VF3C</b>	0.00	-0.01	1.01	0.00	<b>VF8C</b>	-0.48	-0.18	0.03	-0.03	<b>VF6B</b>	0.09	0.15	-0.22
<b>VF3D</b>	0.16	0.14	0.39	0.09	<b>VF8D</b>	-0.06	0.04	0.06	0.16	<b>VF6C</b>	0.54	0.15	0.04
<b>VF3E</b>	-0.07	0.11	0.20	0.21	<b>VF13A</b>	0.32	-0.09	0.17	0.24	<b>VF6D</b>	0.50	-0.04	-0.06
<b>VF3F</b>	-0.16	0.00	-0.09	0.04	<b>VF13B</b>	-0.04	-0.24	-0.09	0.26	<b>VF6E</b>	0.71	-0.24	-0.02
<b>VF10A</b>	-0.21	0.33	0.09	0.11	<b>VF13C</b>	-0.13	-0.12	-0.11	0.19	<b>VF12A</b>	0.10	0.27	0.06
<b>VF10B</b>	0.39	-0.41	0.02	0.28	<b>VF13D</b>	0.05	-0.11	-0.02	0.56	<b>VF12B</b>	0.49	0.17	-0.02
<b>VF10C</b>	0.24	0.55	0.00	-0.09	<b>VF11A</b>	-0.02	0.68	-0.15	0.05	<b>VF12C</b>	0.25	-0.21	0.02
<b>VF10D</b>	0.10	0.49	0.04	0.03	<b>VF11B</b>	-0.03	-0.14	-0.03	0.01	<b>VF12D</b>	0.48	0.31	-0.13
<b>VF10E</b>	0.02	0.21	-0.02	0.52	<b>VF11C</b>	-0.01	0.60	-0.08	-0.17	<b>VF12E</b>	0.28	-0.15	-0.35
<b>ME1</b>	-0.11	0.62	-0.05	0.08	<b>VF11D</b>	-0.13	0.03	0.12	0.37	<b>ME10</b>	0.46	0.30	0.07
<b>ME2</b>	0.57	0.05	-0.12	0.26	<b>VF11E</b>	0.68	-0.13	-0.10	0.06	<b>ME11</b>	0.12	0.07	0.10
<b>ME3</b>	0.45	0.52	0.04	0.07	<b>ME3</b>	0.12	0.39	0.33	0.21	<b>ME12</b>	-0.10	0.59	0.10
<b>ME5</b>	-0.15	0.34	0.13	0.03	<b>ME6</b>	-0.26	0.22	0.19	0.20	<b>ME13</b>	0.04	0.40	0.18
					<b>ME7</b>	-0.14	0.24	0.26	0.20				
					<b>ME9</b>	-0.33	-0.06	0.05	0.28				

Fonte: Dados da pesquisa

Com base nessa tabela, é possível observar que:

(a) em geral, as cargas fatoriais são de baixa intensidade (inferiores a 0,45), ou seja, não explicam efetivamente o fator associado a elas;

(b) existe um número expressivo de cargas fatoriais negativas, ou seja, apresentam um comportamento contrário na medida em que se relacionam negativamente com o fator;

(c) é no primeiro fator que se apresenta o maior número de cargas fatoriais acima ou igual a 0,45.

Estes resultados aliados ao fato de (i) não ter sido detectado a formação de agrupamentos das variáveis em qualquer dos fatores; (ii) as correlações entre as variáveis serem relativamente baixas; (iii) as simulações em R terem indicado que o

teste de hipótese para 1 fator era suficiente; e (iv) os ajustes dos parâmetros relacionados aos sujeitos e aos itens oriundos da Modelagem Rasch, nos levou a legitimar a unidimensionalidade dos testes. Deste modo, pressupomos que o construto a ser medido pelos instrumentos elaborados tem característica unidimensional e diz respeito ao entendimento geral sobre o fenômeno físico de flutuação.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A construção de instrumentos que permitem a mensuração de atributos não é tarefa simples. Por isso, é de extrema importância que este processo seja suficientemente estruturado e fundamentado para que não haja reflexos que impactem negativamente na análise dos dados. Nesse sentido, o embasamento teórico e a vigilância metodológica são essenciais para a produção de instrumentos adequados para análise desses atributos.

Nesse trabalho, apresentamos as etapas que culminaram na validação de um banco de itens para servir de base para a construção de testes de conhecimento mais válidos e fidedingos. Os procedimentos de análise das respostas de 237 estudantes mostraram que o banco de itens é adequado para dimensionar um conhecimento geral sobre o conteúdo de flutuação, na medida em que os índices de ajustes relativos aos parâmetros das pessoas (habilidade) e dos itens (dificuldade) apresentam estimativas confiáveis. O estudo exploratório utilizando análise fatorial mostrou que o modelo unidimensional é suficiente para ajuste dos dados empíricos, no qual o atributo latente mensurado se refere ao entendimento global sobre o fenômeno de flutuação dos corpos.

A partir da ordenação dos itens dispostos no mapa de itens, foi possível estabelecer critérios para proposição de qualquer teste que objetive acessar diferentes níveis de conhecimento, a partir de itens com uma boa escala de dificuldade (que varia de baixa até alta dificuldade). Isso possibilita gerar instrumentos mais equilibrados/ uniformes.

De modo geral, os procedimentos expostos neste artigo contribuem para um maior aprofundamento sobre a metodologia de validação de instrumentos de pesquisa, apontando um dos caminhos possíveis para a condução mais coerente de

investigações com objeto de estudo de caráter latente. Vale destacar que o banco de itens validado não tem qualquer pretensão, neste momento, em ser identificado como um inventário para pesquisas futuras, embora possa ser uma fonte de dados de construção de testes sobre o conteúdo de flutuação. Isto foge ao escopo dessa pesquisa, uma vez que os estudos iniciais aqui realizados procuram levantar apenas evidências de validade para o conjunto de 131 itens propostos. Ou seja, para que este conjunto seja considerado um inventário faz-se necessário um contínuo e exaustivo processo de aplicação em distintos contextos e situações de ensino para que este seja consolidado como tal. Da mesma forma, com vistas ao refinamento e fortalecimento do sistema categórico, seria imprescindível a ampliação do número de avaliadores e de unidades de análise por juiz, realizando análises estatísticas e qualitativas mais profundas. Portanto, embora os dados sugiram que o banco de itens seja adequado sob a perspectiva da Psicometria, eles devem ser avaliados com parcimônia considerando as restrições da amostra, da coleta de dados e das análises realizadas.

## 6 REFERÊNCIA

ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; COLUCI, Marina Zambon Orpinelli. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011

AMANTES, Amanda. **Contextualização no Ensino de Física: efeitos sobre a Evolução do entendimento dos estudantes**. Tese (Doutorado), UFMG, Belo Horizonte, 2009, 275f.

AMANTES, Amanda; COELHO, Geide. Como a abordagem de ensino influencia a aprendizagem de conteúdos Científicos e Tecnológicos? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 111-133, 2013

AMANTES, Amanda; COELHO, Geide; MARINHO, Rafael. A medida nas pesquisas em Educação: empregando o modelo Rasch para acessar e avaliar traços latentes. **Revista Ensaio**, v.17, n. 3, p. 657-684, 2015

ANASTASI, Anne. Evolving concepts of test Validation. **Ann. Rev. Psychol.** v. 37, p. 1-15, 1986

BORSBOOM, Denny; MELLENBERGH, Gideon J.; VAN HEERDEN, Jaap. The Concept of Validity. **Psychological Review**, v. 111, n. 4, p. 1061–1071, 2004

CASTRO, Fernanda Regebe. **A evolução das habilidades cognitivas de raciocínio lógico em tecnologia da informação**. Tese (Doutorado, UFBA, Salvador, 2017, 281f

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

DAMÁSIO, Bruno Figueiredo. Uso da análise fatorial exploratória em psicologia. *Avaliação Psicológica*, v. 11, n. 2, p. 213-228, 2012

DAWSON-TUNIK, T. L. Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. In: X. Liu & W. Boone (Eds.), **Applications of Rasch measurement in science education**. Maple Grove: JAM Press, p. 111–136, 2006

FERNANDES, D. C.; PRIETO, G.; DELGADO, A. R.. Construção e análise pelo modelo de Rasch de dois testes computadorizados de memória de reconhecimento. **Psicologia Reflexão e Crítica**, v. 28, n.1, p.49-60, 2015

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

\_\_\_\_\_. **Dynamic cycles of Cognitive and Brain development**. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). *The educated brain*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006. Disponível em:

LAROS, Jacob. **O Uso da Análise Fatorial: Algumas diretrizes para pesquisadores**. In: Luiz Pasquali (Eds), *Análise Fatorial para Pesquisadores*. Brasília: LabPAM Saber e Tecnologia, p. 141-160, 2012

LEGENDRE, P. Species associations: The Kendall coefficient of concordance revisited. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, v. 10, n. 2, p. 226–245, 2005

LINACRE, J. M. **Winsteps Rasch Tutorial 2** 2012a. Disponível em <http://www.winsteps.com/a/winsteps-tutorial-2.pdf>

\_\_\_\_\_. **Winsteps Rasch Tutorial 3**. 2012b. Disponível em <https://www.winsteps.com/a/winsteps-tutorial-3.pdf>

\_\_\_\_\_. A user's guide WINSTEPS and MINISTEPS rach-model computer program. 677 p, 2012c. Disponível em:

\_\_\_\_\_. What do infit and outfit, mean-square and standardized mean? **Rasch Measurement Transactions**. v. 16, n. 2, p. 878, 2002

\_\_\_\_\_. Variance in Data Explained by Rasch Measures. **Rasch Measurement Transactions**, v. 22, n.1, p. 1164, 2008

MAROCO, João; GARCIA-MARQUES, Teresa. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? **Laboratório de Psicologia**, v. 4, n. , p. 65-90, 2006

MAZUREK, J. Evaluation of ranking similarity in ordinal ranking problems. **Acta Academica Karviniensia**, v. 11, n. 2, p. 119-128, 2011

MEAD, R. A. **Rasch Primer: The Measurement Theory of Georg Rasch** Psychometrics services research memorandum. Maple Grove, MN: Data Recognition Corporation, 2008.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003

NEISSE, Anderson Cristiano; HONGYU, Kuang. Aplicação de Componentes Principais e Análise Fatorial a Dados Criminais de 26 Estados dos EUA. **Engineering and Science**, v.2, ed 5, 2016

OLIVEIRA, S.; PICCININI, V. Validade e reflexividade na pesquisa qualitativa. **Cadernos EBAPE.BR**. v. 7, n. 1, p. 88-98, 2009

PASQUALI, Luiz. **Psicometria: Teoria dos testes na Psicologia e na Educação**. Petrópolis: Vozes, 2003

\_\_\_\_\_. Psicometria. **Rev Esc Enferm USP**, v. 43(Esp), p. 992-999, 2009

RAPPOLT-SCHLICHTMANN, Gabrielle; TENENBAUM, Harriet R.; KOEPKE, Margy F.; FISCHER, Kurt W. Transient and Robust Knowledge: Contextual Support and the Dynamics of Children's Reasoning About Density. **Mind, Brain, and Education**, v. 1, n. 2, p. 98-108, 2007

RAYMUNDO, Valéria Pinheiro. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, v. 44, n. 3, p. 86-93, 2009

TENNANT, A.; PALLANT, J. F. Unidimensionality Matters! (A Tale of Two Smiths?). **Rasch Measurement Transactions**, v. 20, n.1 p. 1048-1051, 2006

WRIGHT, B.; STONE, M. **Measurement Essentials**. Wilmington: Wide Range, Inc., 2 ed., p. 167-182, 1999

XAVIER, Agamenon Pereira. **Laboratório virtual versus laboratório material: a aprendizagem de física com intervenções Tradicionais e investigativas**. Tese (Doutorado), UFBA, Salvador, 2018, 220f.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Capes pela concessão de bolsa de estudos e, principalmente, aos estudantes e professores que participaram dessa etapa da investigação, contribuindo para a elaboração de instrumentos melhor ajustados para a medida do traço latente foco da nossa pesquisa.

# Sobre a Intervenção

1

## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese

## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico

## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

11

## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras

## 6 Referências

## Anexos

## Apêndices

14

2

## ARTIGO 4

Indicação de periódico: REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias

# APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NO FENÔMENO DE FLUTUAÇÃO DE CORPOS A PARTIR DE UM JOGO DIDÁTICO

### Resumo

Esse artigo avalia a aprendizagem de conceitos físicos através de um jogo didático (JD) aplicado no contexto de uma intervenção educacional. Para isso, avaliamos a evolução do entendimento a partir das respostas de 77 estudantes do Ensino Médio aos itens propostos em 5 testes de conhecimento que dimensionam o entendimento formal dos estudantes sobre o fenômeno de flutuação dos corpos. Além dessas respostas, um questionário permitiu levantar fatores que pudessem ter interferido no processo. Para fazer inferências sobre a aprendizagem, bem como detectar fatores que expliquem este processo, utilizamos métodos mistos de análise. Os resultados apontam: (1) existência de aprendizagem; (2) inexistência de efeito do jogo para a construção de conhecimento formal; (3) associação entre o sentimento de cooperação e a aprendizagem, bem como características intrínsecas das turmas que participaram da intervenção. Esse último resultado indica que uma metodologia de análise que considere efeitos multiplicativos pode ser uma ferramenta mais adequada para dimensionar fenômenos complexos como a aprendizagem, que empiricamente apresentam relações não lineares. De modo geral, os resultados obtidos nos permitem (a) hipotetizar que o jogo didático projetado propicia a aprendizagem de conteúdos científicos tanto quanto o estudo dirigido; (b) defender a necessidade de promover ambientes de aprendizagem em que haja maior cooperação entre os sujeitos, uma vez que constatamos indícios de maior ganho no desempenho dos estudantes. Desse modo, sob o ponto de vista pedagógico, essa ferramenta se configura como um potencial recurso para ser utilizado no contexto escolar.

**Palavras-chave:** Aprendizagem; Jogo Didático; Ensino de Física; Análise Mista.

### Abstract

This article discusses the learning of physical concepts through a didactic game (DG) applied in an educational intervention. We evaluate the evolution of understanding from the responses to the items present in 5 tests of knowledge. The sample was composed by 77 High School students. In addition to these responses, a questionnaire allowed us raise factors that could have interfered in the process. To make inferences about learning, as well as detecting factors that explain this process, we use mixed methods of analysis. The results indicate: (1) existence of learning; (2) inexistence of effect of the game for the construction of formal knowledge; (3) association between the feeling of cooperation and learning, as well as intrinsic characteristics of the classes that participated in the intervention. This last result indicates that an analysis methodology that considers multiplicative effects can

be a more appropriate tool to scale complex phenomena such as learning, which empirically present nonlinear relationships. In general, the results obtained allow us: (a) to hypothesize that the didactic game provides the learning of scientific content as much as the study directed; and (b) to defend the need to promote learning environments in which there is greater cooperation among the subjects, whereas we found evidence of greater gain in the students' performance. Thus, from the pedagogical point of view, this tool configures itself as a potential resource to be used in the school context.

**Keywords:** Learning; Didactic Game; Physics Teaching; Mixed Analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

Ambientes de ensino que promovam efetivamente aprendizagem de conteúdos científicos se constituem um desafio enquanto ferramentas para serem elaboradas. Pesquisas apontam para diversas possibilidades que abarcam desde atividades com materiais de baixo custo até o uso de simulações ou atividades virtuais, questões sócio-científicas, jogos didáticos, dentre outros (RIEBER; NOAH, 2008; SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2014, SILVA; ARAÚJO; SANTOS, 2016).

No caso de jogos didáticos, em particular, estes podem ser considerados como produtos pedagógicos (BANDEIRA, 2009) de caráter lúdico que podem atender tanto às demandas previstas nas orientações educacionais nacionais, quanto estreitar o abismo que ainda tende a ocorrer quando consideramos as abordagens de ensino, os materiais didáticos e as atividades recorrentes na vida dos estudantes. Se bem fundamentados pedagogicamente, estes instrumentos são capazes de desenvolver habilidades cognitivas que podem conduzir o estudante ao estabelecimento de relações mais abrangentes e criativas, facilitando a interiorização de conteúdos disciplinares mais abstratos (CUNHA, 2012).

Embora exista essa indicação, na literatura nacional, ainda são escassas as discussões sobre jogos didáticos que ultrapassam a proposição de ferramentas de ensino e a análise destas sob o ponto de vista motivacional a partir da percepção de estudantes a respeito do recurso lúdico em foco (RIEBER; NOAH, 2008; CUNHA, 2012; NETO; MORADILLO, 2013; SILVA, 2014), e tratem de questões que, por exemplo, discutam a efetividade da ferramenta para a aprendizagem de conteúdos científicos tipicamente escolares.

Neste sentido, faz-se necessário investir em desenhos de pesquisas que coadunem esses aspectos a investigações que venham a fornecer apontamentos sobre a aprendizagem dos alunos com o uso desses materiais e informações que possibilitem fundamentar outros objetos de aprendizagem dessa natureza para que esses transponham os limites da academia e se tornem, no campo profissional, potenciais ferramentas para a aquisição de conhecimentos científicos. Dado que a partir de o jogo didático é possível mobilizar diversas habilidades de natureza cognitiva, emocional e social que permeiam a produção de conhecimento (CUNHA, 2012), uma intervenção educacional baseada em jogos poderia melhorar o desempenho dos estudantes de Ensino Médio (LI; TSAI, 2013; LIU, 2014; DIVJAK; TOMIĆ, 2011), principalmente, em componentes curriculares pertencentes à área de Ciências da Natureza e suas tecnologias (AGUIAR; AMANTES, 2014).

Com base no exposto, este trabalho trata sobre a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio no contexto de uma intervenção educacional fundamentada na utilização de um jogo didático projetado para abordar conceitos físicos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. Desse modo, pretendemos avaliar em que medida o jogo didático contribui para a aprendizagem de conteúdos científicos.

## **2 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM**

Pensar sobre aprendizagem, mesmo reconhecendo-a como objeto de inúmeras pesquisas no campo das ciências sociais e humanas, ainda se configura um grande desafio devido às múltiplas visões que envolvem este construto. Neste sentido, para iniciarmos qualquer discussão sobre aprendizagem, é fundamental estabelecermos o local teórico de onde estamos abordando-a. Nesse trabalho, ela é concebida como um processo que pode ser dimensionada através da evolução de um atributo de natureza latente: o entendimento. Esse atributo, variável ou traço latente não pode ser acessado diretamente, mas pode ser inferido a partir de um conjunto de variáveis observáveis que nos permitem, por meio de uma teoria subjacente, capturar diferentes estados desse elemento, e com isso obter indícios da existência de aprendizagem. (DAWSON-TUNIK, 2006; AMANTES, 2009; COELHO, 2011; CASTRO, 2017; XAVIER, 2018).

Em outras palavras, a aprendizagem subtende um processo no qual existe progresso do entendimento do sujeito sobre o objeto de estudo. Este entendimento é considerado como uma variável latente dinâmica<sup>42</sup>, uma vez que sua evolução é demarcada por fases de progressos e retrocessos a partir de um estado pré-existente, sofrendo influência de diversos fatores, inclusive contextuais (FISCHER, 2006; ROSE; FISCHER, 2009; AMANTES, 2009; COELHO, 2011). Isto significa que esta evolução ocorre de maneira não-linear (RAPPOLT-SCHLICHTMANN *et al.*, 2007; FISCHER, 2006; AMANTES, 2009; COELHO, 2011). Neste processo, em que o sujeito interage sucessivas vezes com o objeto, emerge um novo entendimento mais complexo a cada iteração, de forma que seu estado global seja mais do que resultado da soma das operações realizadas em estados de articulações anteriores (DAWSON-TUNIK, 2006).

Indícios sobre o nível de complexidade desse entendimento podem ser acessados à medida que o sujeito é submetido a situações em que ele necessite mobilizar um conjunto de habilidades para resolver certos problemas (AMANTES, 2009). Embora o entendimento sobre determinado conceito não seja apreendido em sua totalidade (AMANTES, 2009), indícios (observáveis), que se referem ao seu estado momentâneo de articulação, podem ser capturados através de manifestações expressas tanto no saber dizer, como no saber fazer (AMANTES, 2005). Isto nos permite avaliar o entendimento a partir da perspectiva da linguagem verbal (entendimento declarativo) e não verbal (entendimento expresso na ação).

Para Moreira (2002), a linguagem verbal assume papel fundamental para o desenvolvimento cognitivo, uma vez que a conceitualização é considerada “pedra angular da cognição” (MOREIRA, 2002, p. 8). Segundo este autor, entre a conceitualização e a resolução de problemas existe uma relação dialética e cíclica, visto que são as situações que dão sentido aos conceitos. Deste modo, a resolução de problemas ou as situações de resolução de problemas são essenciais para a conceitualização e, conseqüentemente, para o desenvolvimento cognitivo.

Amantes e Oliveira (2012), embora reconheçam que o estudante evidencia um entendimento hierarquicamente mais elevado quando mobiliza, coerentemente,

<sup>42</sup> A variável latente (i) se modifica ao longo do tempo; (ii) sofre influência de fatores endógenos (como aspectos emocionais) e exógenos (por exemplo, fatores socioculturais) (FISCHER, 2006; ROSE; FISCHER, 2009; AMANTES, 2009); e (ii) pode ser inferido a partir de manifestações verbais ou não-verbais deste atributo (variáveis observáveis).

o conteúdo em termos procedimentais e da conceitualização, consideram que a explicitação do entendimento na forma declarativa é capaz de indicar o seu nível de articulação, visto que quando adequada, esta explicitação incorpora características próprias de um conhecimento formal (AMANTES; OLIVEIRA, 2012).

Assim, através da análise temporal de estados de articulação, é possível traçar ponto a ponto o caminho de desenvolvimento do entendimento. Tal caminho, que pressupõe um comportamento não-linear (DAWSON-TUNIK, 2006; COELHO, 2011, AMANTES; COELHO, 2013), constitui-se como trajetórias de aprendizagem (AMANTES; COELHO, 2013). De acordo com esses autores, a partir da análise das trajetórias de um ou mais sujeitos, bem como do desempenho/proficiência dos indivíduos envolvidos, podemos avaliar aspectos que interferem no progresso do entendimento, bem como elencar elementos que auxiliem em uma interpretação mais robusta sobre o processo de aprendizagem.

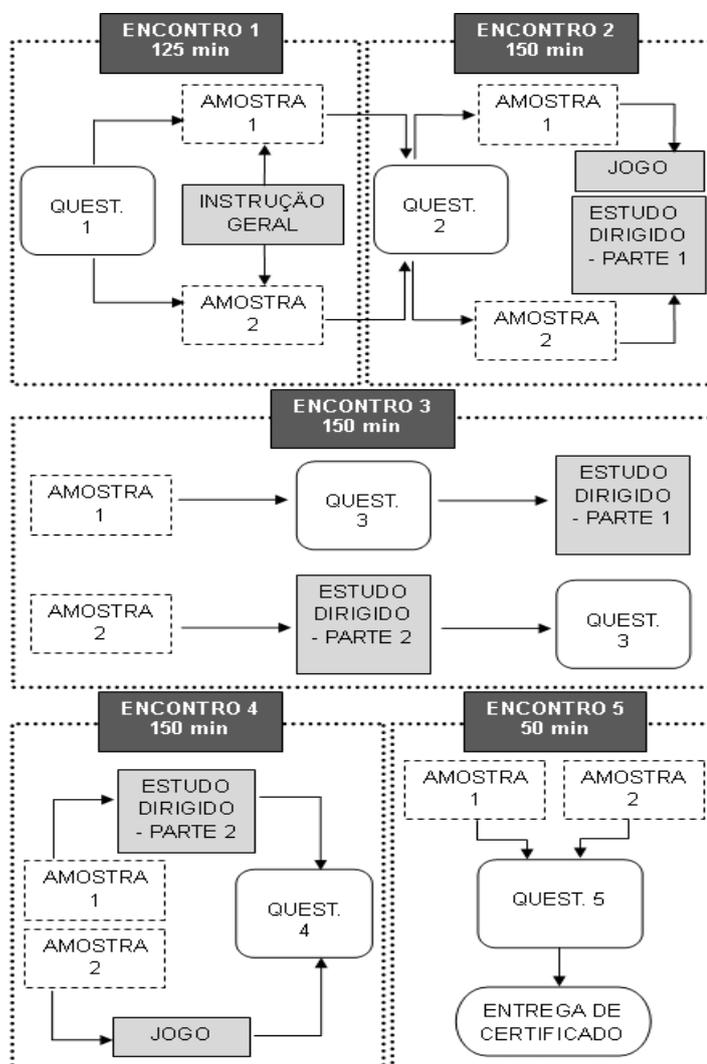
Nesse trabalho, demarcamos uma faceta da aprendizagem a partir de um conjunto de testes que acessam o traço latente entendimento (sobre um conteúdo formal) em diferentes momentos. Com isso, podemos traçar uma trajetória de aprendizagem, associada ao desempenho nesses testes, bem como avaliar o ganho de desempenho e ainda avaliar possíveis fatores que possam estar associados a essa aprendizagem. Contudo, esse estudo dimensiona apenas a aprendizagem do ponto de vista formal do conteúdo sobre flutuação na perspectiva de habilidades em responder a esses tipos de testes, ainda que eles abarquem questões de natureza conceitual e de resolução de problemas.

### **3 DESCRIÇÃO DA PESQUISA**

#### **3.1 PARTICIPANTES E CONTEXTO DE PESQUISA**

O estudo relatado neste artigo pode ser classificado como empírico e de delineamento quase-experimental. Para compor a amostra de 77 estudantes do Ensino Médio de escola pública estadual e federal, foram considerados apenas os estudantes que participaram de toda a intervenção pedagógica. Vale destacar que 221 voluntários se inscreveram para participar de uma oficina sobre Hidrostática que ocorreu, no contra turno de escolas públicas federal e estadual, durante 5 encontros.

Essa intervenção foi projetada a partir de dois modelos distintos. Cada um desses modelos está relacionado à AMOSTRA 1 ou AMOSTRA 2 indicadas na Figura 11.



**Figura 11.** Desenho esquemático da intervenção educacional

Durante esses 5 encontros, as duas amostras foram submetidas a: (a) uma instrução geral, sobre o conteúdo de Hidrostática, realizada no primeiro encontro e conduzida pela própria pesquisadora; (b) aplicação de 5 testes de conhecimento, um a cada encontro, totalizando 5 ondas de medida; (c) do segundo ao quarto dia de oficina, cada amostra interagiu com duas ferramentas distintas, uma consecutivamente à outra. Ou seja, a Amostra 1, após interagir inicialmente com o JD, iniciou o estudo dirigido; enquanto que a Amostra 2, que havia tido o primeiro contato com o estudo dirigido, começou com o JD. Isso garantiu que todos fossem

submetidos às mesmas condições de ensino que acreditamos ser pedagogicamente válidas no contexto educacional.

Independentemente do modelo ao qual cada uma das amostras esteve submetida, esperamos que a oficina:

(i) propicie o desenvolvimento do entendimento em uma série hierárquica, o que fundamenta a abordagem dos conteúdos disciplinares em níveis crescentes de complexidade (PARZIALE; FISCHER, 2009; FISCHER, 2006);

(ii) estimule a iniciativa, autonomia, criatividade e interatividade, dentre outras habilidades cognitivas, sociais e produtivas, permitindo o indivíduo ser protagonista no processo de ensino-aprendizagem e coordenar conhecimentos, sejam estes disciplinares ou não (CASTRO *et al.*, 2001; BRASIL, 2002; CUNHA, 2012; D'ÁVILA, 2014; BAHIA, 2015).

Para participar dessa intervenção, o único requisito necessário era não ter estudado o conteúdo de hidrostática anteriormente. Isto porque uma das perguntas que intencionamos responder aponta para o caráter instrucional da ferramenta potencialmente lúdica<sup>43</sup>.

Dos 221 inscritos, 115 tiveram presença de, no mínimo 80%, da oficina. Nesse estudo, decidimos relatar apenas aqueles que participaram de todos os encontros, totalizando 77 sujeitos. Desta amostra, formamos grupos amostrais assim constituídos (i) 52 estudantes do Ensino Médio que compõem o grupo controle (GC); (ii) 25 estudantes do Ensino Médio que compõem o grupo experimental (GE). Nesta pesquisa, o grupo controle é representado pelos estudantes que, na intervenção pedagógica, interagiram primeiramente com o estudo dirigido, enquanto que no grupo experimental o jogo didático assume o caráter de ferramenta introdutória.

De maneira geral, estes indivíduos podem ser organizados conforme os seguintes fatores (Tabela 12): SEXO; ESCOLA DE ORIGEM; GRUPO; SÉRIE, CURSO; DURAÇÃO e TURMA.

<sup>43</sup> A palavra “potencialmente” aqui empregada deve ser interpretada como possibilidade, isto é, capacidade de vir a ser. Isso porque entendemos ludicidade como uma “experiência interna de inteireza e plenitude por parte do sujeito” (LUCKESI, 2014, p. 13). Isto significa que a experiência lúdica (sinônimo de ludicidade) é concebida como um estado interno que só pode ser vivenciado e descrito unicamente pelo sujeito.

**Tabela 12.** Distribuição do número total de estudantes conforme os critérios: SEXO; ORIGEM DA ESCOLA; GRUPO; SÉRIE; CURSO; DURAÇÃO

SEXO		ESCOLA DE ORIGEM		GRUPO		
FEMININO	MASCULINO	ESTADUAL	FEDERAL	CONTROLE	EXPERIMENTAL	
41	36	31	46	52	25	
SÉRIE			CURSO		DURAÇÃO	
1º ANO	2º ANO	3º ANO	REGULAR	TÉCNICO	< 50 DIAS	> 50 DIAS
48	5	24	31	46	48	29

Fonte: Dados da Pesquisa

Vale destacar que os 77 estudantes estavam distribuídos em oito grupos, os quais denominamos por Turma: T8812, T8813, T10811, T9813, T2812, 1EM, 2EM e 3EM. Sem que um critério prévio fosse definido, cada grupo de inscritos (turma) foi alocado no grupo controle ou experimental. Turma e os fatores apresentados na Tabela 12 se configuram como alguns dos fatores contextuais que podem ser utilizados na caracterização da amostra. No APÊNDICE M apresentamos a caracterização dos grupos amostrais.

### 3.2 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

A partir do processo de validação do banco de itens executado em etapa anterior da pesquisa, foi possível elaborar os cinco testes de conhecimento com aproximadamente o mesmo nível de dificuldade. Para isso, foram distribuídos nos testes aproximadamente o mesmo número de itens fáceis, de dificuldade intermediária e itens difíceis. Esse escalonamento somente foi possível devido a análise da dificuldade dos itens proporcionada pela Modelagem Rasch.

Mais dois critérios subsidiaram a elaboração dos testes de conhecimento: (a) manutenção aproximada do número de itens em cada teste, variando de 22 a 23 itens; (b) repetição de alguns itens, de maneira a propiciar a calibração/equiparação da escala de medida dos testes.

Algumas dessas preocupações se referem à proposição de um teste exequível no intervalo de tempo de 50 min e adequado o suficiente em termos do nível de dificuldade de maneira que reduzíssemos a probabilidade do efeito de cansaço na resolução das questões.

Com a aplicação dos cinco testes, obtivemos dados que se referem a cada uma das cinco ondas de medida: Pré-teste; dois Testes Intermediários, Pós-Teste e Teste de retenção. Isto torna possível inferir o nível de articulação do entendimento do estudante em cada um dos distintos momentos, o que nos permitiu avaliar a aprendizagem formal sob o ponto de vista quantitativo.

Os itens que constituem os testes foram distribuídos em duas classes: itens dicotômicos (questões do tipo Verdadeiro ou Falso e de Múltipla escolha) e politômicos (questões abertas/discursivas). A Tabela 13 apresenta a distribuição dos tipos de itens e suas respectivas quantidades nos cinco testes de conhecimento.

**Tabela 13.** Distribuição dos tipos de itens presentes nos cinco testes de conhecimento aplicados durante a intervenção educacional

Itens	Questionário 1	Questionário 2	Questionário 3	Questionário 4	Questionário 5
“Verdadeiro ou Falso”	16	15	12	11	14
Múltipla escolha	2	4	4	5	4
Abertos ou discursivos	5	4	7	7	4
TOTAL	23	23	23	23	22

Além dos cinco testes de conhecimento, foi elaborado um questionário para que fosse possível realizar um questionário estruturado com todos os 77 participantes, com o objetivo de identificar o grau de afinidade dos estudantes com a disciplina Física, bem como outros aspectos relativos à intervenção, tais como a motivação do estudante para participar da oficina e o sentimento em relação às características do jogo didático (cooperação e competitividade).

Como exemplo, exibimos alguns itens que constituem o questionário<sup>44</sup>.

SOBRE VOCÊ					
1	Qual a sua idade?		2	Qual o seu sexo?	( ) Masculino ( ) Feminino
3	De 1 a 5, em que 1 significa não gostar nenhum pouco e 5 significa gostar muito, o quanto você gosta de Física?				
SOBRE A OFICINA					
Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. Os números de 1 a 5 correspondem a: <b>1: Discordo Totalmente; 2: Discordo; 3: Indiferente; 4: Concordo; 5: Concordo Totalmente.</b>					(1) (2) (3) (4) (5)
I1	Decidi frequentar a oficina de Física somente por causa da pontuação extra ofertada pelo(a) professor(a).				
I2	Na sala de aula, situações que envolveram competição entre meus colegas e eu, auxiliaram-me no processo de aprendizagem.				

<sup>44</sup> Observe que alguns dos itens foram desenhados na escala tipo Likert de 5 pontos (1 a 5), em que 1 corresponde a “discordo totalmente” e 5 equivale a “concordo totalmente”.

É importante mencionar que o item 3 do tópico “SOBRE VOCÊ” desse questionários, foi considerado como o atributo afinidade, uma vez que o entendemos como um elemento que agrega valor e sentido à disciplina devido à uma relação de aproximação ou simpatia. Este atributo e os 14 itens que constituem a seção “SOBRE A OFICINA” foram considerados como possíveis fatores que interferiram no progresso do entendimento. Desse modo, os dados que subsidiaram as análises presentes neste trabalho compreendem as respostas aos itens que compuseram os testes de conhecimento e o conjunto itens que integram o questionário.

### 3.3 COLETA TRATAMENTO DE DADOS

A coleta dos dados ocorreu no contexto da intervenção didática e envolveu diferentes instrumentos de pesquisa. Embora tenhamos coletado 133 registros de áudio, 32 registros em diário de bordo, 77 atividades de lápis e papel associadas ao ED, os dados que focalizamos nesse trabalho tratam das respostas dos estudantes aos itens propostos em cinco testes de conhecimento/questionários e os dados recolhidos a partir de um questionário estruturado aplicada ao final da oficina.

Após o processo de tabulação das respostas coletadas ao longo de 5 ondas de medidas, foi obtida uma matriz com dados dicotômicos (quando os itens foram do tipo Verdadeiro ou Falso e de múltipla escolha) e politômicos (quando os itens foram discursivos). Neste último caso, as respostas foram substituídas por números que correspondem aos níveis das respostas enquadradas de acordo com um sistema categórico previamente definido e validado.

No APÊNDICE N, estão sintetizadas as medidas de desempenhos dos estudantes, em cada um dos testes, obtidas através da modelagem Rasch. Para isso, utilizamos o *software* WINSTEPS 3.70.

De maneira geral, a análise de dados ocorreu em três etapas: (1) Análise do desempenho dos estudantes, de ambos os grupos, experimental e controle, em cada um dos testes e do ganho obtido a partir do pareamento desses testes; (2) Comparação dos testes T2 e T3, por meio do cálculo do tamanho de efeito (TDE) g

de Hedges<sup>45</sup>; (3) Regressão Múltipla para detectar fatores que podem ter interferido no ganho, entre T3 e T2, do entendimento dos conteúdos físicos; (4) Interpretação da associação de variáveis através do questionário estruturado.

A partir da mobilização desses métodos de análise multivariada de dados, foi possível obter indicativos sobre a contribuição do jogo didático para aprendizagem de conteúdos formais e avaliar aspectos motivacionais e outros relacionados à dinâmica de aplicação de uma ferramenta lúdica (como o sentido de cooperação).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A unidade de análise utilizada para investigar o progresso do entendimento global sobre o fenômeno de flutuação dos corpos corresponde às respostas dos 77 estudantes aos itens presentes nos cinco testes de conhecimento, que se configuram como um dos instrumentos de coleta de dados nessa pesquisa. A matriz de resposta gerada a partir do tratamento dos dados permite a geração de medidas que dimensionam o entendimento do sujeito em cada onda de medida. Para tais medidas denominamos desempenho.

Nosso primeiro resultado diz respeito ao ganho médio no desempenho dos estudantes ao compararmos o conjunto de testes. Essa medida é calculada por meio da diferença entre a média aritmética do desempenho em cada um dos testes. Na Tabela 14, expomos dois resultados: (a) o desempenho médio por teste para toda amostra e por grupo; (b) ganho médio ao compararmos pares de testes para toda amostra e esta mesma estatística por grupos.

Ao fazer a comparação de médias dos testes T1, T2, T3, T4 e T5, utilizando o teste t de *Student* para amostras pareadas, obtivemos que existem diferenças significativas entre os desempenhos médios considerando o conjunto de dados proveniente dos 77 participantes, pois  $p < 0,05$  para todos os pares testados:  $p_{T2-T1} = 0,000$ ;  $p_{T3-T2} = 0,000$ ;  $p_{T4-T2} = 0,001$ ;  $p_{T5-T2} = 0,000$ .

45 Para calcular o TDE utilizamos o site <https://cebc.org/practical-meta-analysis-effect-size-calculator/standardized-mean-difference-d/means-gains-scores-pre-and-post-sds-and-pre-post-r>

**Tabela 14.** Medida de desempenho e ganho em relação a amostra e por grupos

<b>DESEMPENHO MÉDIO POR TESTE</b>						
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>GRUPO</b>
<b>MÉDIA</b>	0,31	0,53	0,91	0,83	0,81	<b>EXPERIMENTAL</b>
<b>DP</b>	0,83	0,62	0,76	0,71	0,75	
<b>MÉDIA</b>	-0,06	0,24	0,51	0,48	0,71	<b>CONTROLE</b>
<b>DP</b>	0,73	0,64	0,92	0,79	0,88	
<b>MÉDIA</b>	0,06	0,33	0,64	0,59	0,74	<b>TODA AMOSTRA</b>
<b>DP</b>	0,78	0,65	0,88	0,78	0,84	
<b>GANHO MÉDIO</b>						
	<b>T2-T1</b>	<b>T3-T2</b>	<b>T4-T2</b>	<b>T5-T2</b>	<b>GRUPO</b>	
	0,22	0,38	0,30	0,28	<b>EXPERIM.</b>	
	0,30	0,28	0,24	0,48	<b>CONTROL.</b>	
	0,27	0,31	0,26	0,41	<b>TODA AMOSTRA</b>	

Fonte: Dados da pesquisa. Legenda: DP = Desvio Padrão

Realizando essa mesma análise, porém agora para cada uma das amostras separadamente (isto é, considerando o grupo experimental e o grupo controle), obtivemos que existem, em geral, diferenças significativas entre os desempenhos médios para cada grupo, exceto quando comparamos T2 a T1 para o grupo experimental (Experimental:  $p_{T2-T1} = 0,067$ ;  $p_{T3-T2} = 0,011$ ;  $p_{T4-T2} = 0,027$ ;  $p_{T5-T2} = 0,033$ ; Controle:  $p_{T2-T1} = 0,000$ ;  $p_{T3-T2} = 0,002$ ;  $p_{T4-T2} = 0,011$ ;  $p_{T5-T2} = 0,000$ ).

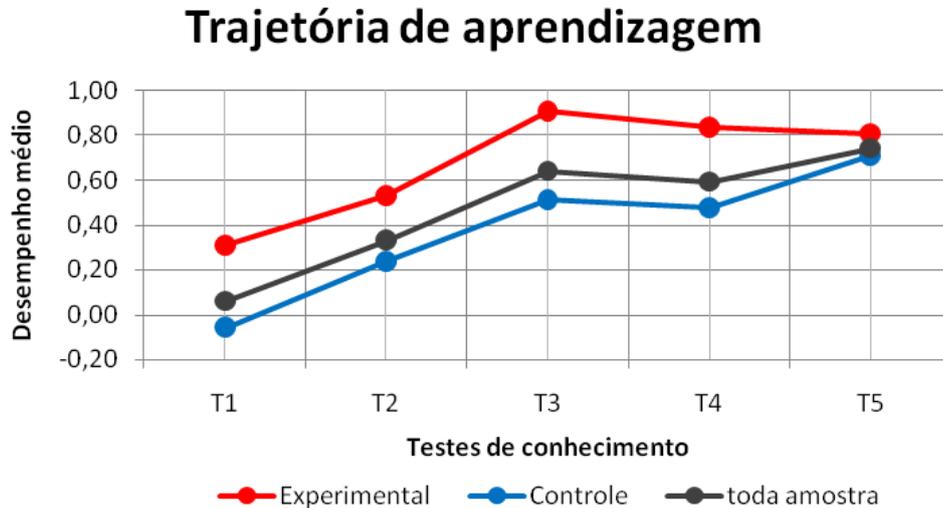
A partir dessa análise, avaliamos que, sendo a mudança atribuída ao nível de entendimento médio dos sujeitos:

(i) a intervenção favoreceu a aprendizagem dos conteúdos abordados independentemente do indivíduo fazer parte do grupo experimental ou controle, uma vez que a média em geral aumenta com o tempo;

(ii) para o grupo experimental, ao comparamos as médias entre T1 e T2, existe indicativo de que não existem diferenças estatísticas entre elas. Isto nos leva a interpretar que a instrução geral realizada no primeiro dia de oficina parece não ter sido relevante. Deste modo, levantamos a hipótese de que a diferença verificada entre T3 e T2 ( $p_{T3-T2} = 0,011$ ), deve-se à interação com o JD. Isso indica que o jogo parece ter caráter instrutivo. Para obtermos resultados mais robustos sobre esse aspecto do JD, estudos futuros deverão ser conduzidos.

O Gráfico 18 representa a trajetória de aprendizagem média dos sujeitos. Para avaliar a aprendizagem em termos do ganho no entendimento, avaliamos a diferença das médias entre os testes T1 e T2, T3 e T2, T4 e T2, e T5 e T2. Embora estejamos nos referindo a comportamentos médios do desempenho, a aprendizagem pode não ter ocorrido da mesma forma para os participantes da

pesquisa. Esta análise sobre perfis de entendimento e trajetórias de aprendizagem individuais será objeto de outro estudo.



**Gráfico 18.** Trajetória de aprendizagem obtida a partir dos desempenhos médios em cada teste para toda amostra, para o grupo controle e experimental  
Fonte: Dados da pesquisa

Ainda em relação aos resultados na Tabela 14, ao observarmos o ganho entre T2 e T3, parece não haver diferença estatística entre os grupos controle e experimental. Para confirmar esse resultado, realizamos o teste de análise de variância (ANOVA).

Pelo Teste de Levene, constatamos que os grupos são homogêneos ( $L = 0,208$ ;  $p = 0,65 > 0,05$ ), o que nos permite utilizar testes paramétricos. A ANOVA nos indicou que não há diferenças significativas no ganho entre os grupos controle e experimental ( $F=0,424$ ,  $DF=1,75$ ,  $p=0,52$ ). Isto sugere não haver tamanho de efeito (TDE) do JD sobre o estudo dirigido (ED).

Para avaliar melhor esse resultado, calculamos o TDE. Esse se refere à estimativa do efeito de uma variável sobre outra ou da diferença entre duas amostras. Escolhemos dentre a família de TDE, utilizamos o “g” de Hedges, comum quando temos amostras pequenas ( $GE = 25$  sujeitos,  $GC = 52$  estudantes). Sua interpretação é realizada com base nas seguintes classes (HEDGES, 1981): insignificante - para valores  $<0,19$ ; pequenos - para valores entre  $0,20$  a  $0,49$ ; moderado - para  $0,50 < TDE < 0,79$ ; grandes - para  $0,80 < TDE < 1,29$ ; e muito grandes - se os valores são superiores a  $1,30$  (ESPÍRITO SANTO; DANIEL, 2015). Ao determinarmos o valor para o g de Hedges, obtivemos  $g = 0,13$ . Logo, o efeito foi

insignificante ( $g < 0,2$ ) quando comparamos as diferenças entre o desempenho nos testes T3 e T2 para estudantes que compuseram os grupos controle e experimental.

Com estes dois resultados (ANOVA e TDE) avaliamos que, para a natureza do conhecimento dimensionado nos testes (formal e estruturado para mobilizar o entendimento em questões conceituais e de resolução de problemas tipicamente escolares), o JD tem o mesmo caráter instrucional que o ED. Isto não inclui a análise, do ponto de vista da pesquisa educacional, de outras habilidades que podem ser desenvolvidas a partir da interação com o JD, tais como capacidade de argumentação, análise crítica e resolução de desafios, teóricos ou práticos

Neste sentido, podemos deduzir que o JD contribui tanto quanto o ED para o progresso do entendimento formal (acepção acadêmica) sobre o fenômeno de flutuação dos corpos. Reconhecemos que, até o momento, somente uma faceta da aprendizagem foi avaliada e que, certamente há diferenças em outros aspectos da aprendizagem, principalmente em decorrência do engajamento, interesse, motivação e também de demanda diferenciada das atividades de cada abordagem. Contudo, para cada um desses aspectos, outras ferramentas devem ser empregadas para análise. Nesse estudo nossos resultados apontam que, para a resolução de questões tipicamente escolares, o jogo contribui tanto quanto uma abordagem tradicional do tipo estudo dirigido.

Tendo em vista, que houve aprendizagem nos dois grupos (experimental e controle), procuramos verificar quais variáveis contribuem para o progresso do entendimento, através dos testes de regressão múltipla. Esses testes foram realizados utilizando pacotes do software R, versão 3.5.1. Considerando o ganho entre T3 e T2 como variável dependente, foram testadas as seguintes variáveis independentes: ESCOLA, CURSO, TURMA, GRUPO, SEXO, SÉRIE, DURAÇÃO.

O método utilizado para a inclusão das variáveis independentes foi o de *Stepwise*<sup>46</sup>. Embora todas as variáveis tenham sido testadas, de acordo com os algoritmos utilizados pelo programa, o modelo explicativo adotado aponta TURMA como um preditor (menor valor de AIC dentre todos os modelos testados, AIC = -73,87). Esse modelo, que considera TURMA como fator, apresenta 14,6% de variância explicada, com estatística  $F=2,86$ ,  $DF=7,69$  e  $p=0,01$ . Foi utilizado o teste

46 A técnica *Stepwise* da análise de regressão gera modelos que incorporam, de maneira progressiva, cada vez mais variáveis independentes capazes de explicar a variável dependente (GOMES, 2005).

*Shapiro-Wilk* para avaliar a normalidade dos resíduos. Como  $W = 0,99$  e  $p = 0,96$ , podemos aceitar a suposição de normalidade dos resíduos no nível de significância de 5% (MIOT, 2017). Isto nos garante a manutenção dos pressupostos de linearidade dos erros e homocedasticidade.

Com a finalidade de avaliar interações aditivas entre este fator e outras variáveis contextuais levantadas a partir do questionário estruturado, os itens I1 a I14 e AFINIDADE do questionário estruturado foram incluídos no modelo. Constatamos que, quando consideramos uma interação aditiva entre o fator TURMA e o I8<sup>47</sup>, a variância explicada pelo modelo atinge o valor de 24,39%, com estatística  $F=3,45$ ,  $DF=10,66$  e  $p=0,001$ . Esta estimativa é superior a obtida quando adotamos o modelo que leva em conta apenas a turma como preditor. É importante relatar que, neste novo modelo, o teste *Shapiro-Wilk* retornou os seguintes valores:  $W = 0,99$  e  $p = 0,95$ . Isto significa que, mais uma vez, a suposição de normalidade dos resíduos foi aceita ao nível de significância de 5% (MIOT, 2017).

A tabela abaixo apresenta as estimativas que nos permite avaliar o modelo que explica o ganho entre T3 e T2 por meio de relações aditivas entre dois fatores (Turma e a Percepção dos estudantes a respeito do atributo cooperação).

**Tabela 15.** Estimativas obtidas por meio da técnica de regressão múltipla que dizem respeito aos fatores TURMA e Percepção dos estudantes a respeito do atributo cooperação

	ESTIMATIVA	ERRO PADRÃO	t	p-VALOR	INTERVALO DE CONFIANÇA (95%)	
Intercepto <sub>48</sub>	0,81	0,57	1,41	0,16	-0,34	1,95
TURMA2	-0,33	0,59	-0,57	0,57	-1,51	0,84
TURMA3	0,30	0,60	0,50	0,62	-0,90	1,50
TURMA4	-0,26	0,70	-0,38	0,71	-1,66	1,13
TURMA5	-0,54	0,57	-0,94	0,35	-1,67	0,60
TURMA6	-0,01	0,62	-0,02	0,94	-1,25	1,22
TURMA7	0,07	0,58	0,12	0,90	-1,09	1,23
TURMA8	0,03	0,58	0,06	0,95	-1,13	1,20
I8L	-0,96	0,28	-3,40	0,001*	-1,53	-0,40
I8Q	0,67	0,25	2,71	0,009*	0,18	1,17
I8C	-0,28	0,20	1,36	0,18	-0,68	0,13

Fonte: Dados da pesquisa. \* $p < 0,05$ .

47 I8 está relacionado à percepção dos estudantes sobre o atributo cooperação em relação à aprendizagem.

48 Assim como no caso da variável TURMA, p-valor para o intercepto é maior que 0,05. Isso significa que, por parcimônia, não podemos atribuir a este coeficiente o valor igual a zero, apesar de que, de acordo com o intervalo de confiança este valor está contido.

De acordo com a Tabela 4, embora as estimativas não tenham sido estatisticamente significativas para a maioria das variáveis ( $p > 0,05$ ), incluindo as categorias que compreendem a variável TURMA, isso não significa que esta não seja um fator explicativo, visto que  $p$  é um índice sensível ao tamanho da amostra e existem turmas com  $N < 5$  sujeitos. Ou seja, para um  $N$  tão pequeno, seriam necessárias diferenças muito grandes entre os sujeitos para que fosse possível obter  $p < 0,05$ . Por essa razão e devido às estatísticas sustentarem o modelo de regressão (valor de  $p$  da estatística  $F$  do modelo), mantivemos TURMA como fator explicativo.

Ainda com base nos resultados expostos na Tabela 4, é possível realizar duas interpretações sobre o fator dimensionado em I8:

(i) I8L indica que, em média, o conjunto de estudantes que discordaram da assertiva “Na sala de aula, situações que envolveram cooperação entre meus colegas e eu, auxiliaram-me no processo de aprendizagem” em relação aqueles que se mantiveram neutros (nem concordaram, nem discordaram), obteve um ganho médio 1,53 a 0,40 menor;

(ii) I8Q aponta que, em média, o conjunto de estudantes que se mantiveram neutros (nem concordaram, nem discordaram) frente a “Na sala de aula, situações que envolveram cooperação entre meus colegas e eu, auxiliaram-me no processo de aprendizagem” em relação aqueles que concordaram, obteve um ganho médio 0,18 a 1,17 maior.

Este resultado não converge com o esperado. Se o comportamento de I8L e I8Q fosse mantido, obteríamos a estimativa de I8Q com a mesma tendência que I8L. Caso isto ocorresse, o achado evidenciaria a existência de uma relação linear entre o fator dimensionado por I8 e o ganho entre T3 e T2.

Entretanto, a mudança no comportamento dessa variável nos conduz à hipótese de que existem efeitos multiplicativos, ou seja, de muitas variáveis em conjunto, que afetam a variável dependente (o ganho no entendimento). Esse resultado aponta para uma importante questão metodológica nas pesquisas em educação. Em geral, os modelos utilizados para analisar os dados empíricos se remetem a relações lineares e, por isso, temos pouca variância explicada e muito resíduo, uma vez que esses modelos não conseguem dimensionar outros tipos de relações e, portanto, esses efeitos multiplicativos não são estudados. Os dados utilizados na pesquisa na área, contudo, são fortemente dependentes de fatores

contextuais e individuais, assim como das relações intrínsecas entre eles. Isolar os efeitos é um problema metodológico. Uma opção é aumentar o tamanho da amostra, para que os padrões possam emergir de forma mais expressiva e para que tenhamos maiores indícios do efeito de determinadas variáveis.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procurou investigar a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos físicos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos, a partir da interação com um jogo didático elaborado com base em uma teoria subjacente. Este objetivo está relacionado à necessidade de averiguar em que medida o JD contribui para a aprendizagem de conteúdos científicos. Para isso, comparamos não apenas os dois grupos que compõem a amostra de 77 estudantes (grupo controle e experimental) em relação ao ganho no desempenho dos sujeitos obtidos nos testes de conhecimento T3 e T2, como também os distintos estados de articulação do entendimento dimensionados pelos desempenhos nos cinco testes.

Tendo em vista os procedimentos metodológicos adotados e expostos anteriormente, verificamos que:

(a) Houve aprendizagem para ambos os grupos, visto que o ganho no desempenho entre os testes é maior que zero;

(b) o TDE  $g$  de Hedges é insignificante ( $g < 0,2$ ) quando comparamos as diferenças entre o desempenho nos testes T3 e T2 para estudantes que compuseram os grupos controle e experimental;

(c) as diferenças entre o ganho do GE e GC no pareamento de T3 e T2 não foram estatisticamente diferentes;

(d) Turma e a percepção dos estudantes sobre o aspecto cooperativo que esteve presente na intervenção pedagógica e no JD parecem exercer influência sobre a aprendizagem de conteúdos científicos. Indícios apontam para a existência de uma interação multiplicativa entre esses fatores que explicam a variância das medidas de maneira mais significativa que modelos lineares de interações entre fatores.

Os resultados (a), (b) e (c) sugerem que o JD pode ser: (i) uma ferramenta pedagógica de caráter instrucional tanto quanto o estudo dirigido; e (ii) utilizada como material didático introdutório ou recurso de aplicação do conteúdo.

O achado relatado em no item (d), embora necessite de estudos que o sustente, nos permite levantar a hipótese de que fenômenos educacionais podem ser modelados a partir de interações multiplicativas entre as variáveis que interferem nesse fenômeno.

Dessa forma, apesar de os resultados indicarem a necessidade de outros estudos, em que seja possível, inclusive, avaliar aspectos que não foram tratados neste artigo, tais como a análise sobre as habilidades desenvolvidas ao jogar, como essas habilidades estão correlacionadas à aprendizagem, quais características do jogo estão associadas à motivação e quais estão relacionadas à instrução, dentre outras, os indícios encontrados nos parecem suficientes para considerar o jogo didático como uma potencial ferramenta para o ensino de Hidrostática. Isto nos sugere que, sob o ponto de vista pedagógico, o JD é aplicável ao contexto escolar e promove um ambiente de cooperação que pode ser significativo para aprendizagem.

## 6 REFERÊNCIA

AGUIAR, M. ; AMANTES, Amanda . **Kuank: Um Jogo Eletrônico Educacional voltado para o Ensino de Física**. In: Anais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2014

AMANTES, Amanda. **Contextualização no Ensino de Física: efeitos sobre a Evolução do entendimento dos estudantes**. Tese (Doutorado), UFMG, Belo Horizonte, 2009, 275f.

\_\_\_\_\_. **O entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre Movimento Relativo e Sistema de Referência**. Dissertação (Mestrado), UFMG, Belo Horizonte, 2005, 183f.

AMANTES, Amanda; OLIVEIRA, Elrismar. A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes. **Revista Ensaio**, v.14, n. 2, p. 61-79, 2012

AMANTES, Amanda; COELHO, Geide. Como a abordagem de ensino influencia a aprendizagem de conteúdos Científicos e Tecnológicos? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 111-133, 2013

BAHIA. Secretaria Estadual de Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Bahia, 2015

BANDEIRA, D. **Material didático**: Conceito, classificação geral e aspectos da elaboração In H. Ciffone (Org.). Curso de materiais didáticos para smartphome e tablete. Curitiba: IESDE, p. 13-33, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002 Disponível em:  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

CASTRO, Fernanda Regebe. **A evolução das habilidades cognitivas de raciocínio lógico em tecnologia da informação**. Tese (Doutorado, UFBA, Salvador, 2017, 281f

CASTRO, N. J. *et al.* **O Estudo a Distância com Apoio da Internet**. Congresso Internacional de Educação a Distância. v. 1, 2001

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

CUNHA, Márcia Borin da. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Revista Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012

D'ÁVILA, Cristina Maria. Didática lúdica: saberes pedagógicos e ludicidade no contexto da educação. **superiorrevista entreideias**, v. 3, n. 2, p. 87-100, 2014

DAWSON-TUNIK, T. L. Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. In: X. Liu & W. Boone (Eds.), **Applications of Rasch measurement in science education**. Maple Grove: JAM Press, p. 111–136, 2006

DIVJAK, B; TOMIĆ, D. The impact of game-based learning on the achievement of learning goals and motivation for learning mathematics - literature review. **J Inf Organiz Sci**, v. 35, n. 1, p. 15–30, 2011

ESPÍRITO SANTO, H.; DANIEL, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do  $p < 0,05$  na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, v.1, n.1, p. 3-16, 2015

FISCHER, K. W. **Dynamic cycles of Cognitive and Brain development**. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). *The educated brain*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006. Disponível em:  
<[http://sitemaker.umich.edu/carss\\_education/files/fischerbrain.pdf](http://sitemaker.umich.edu/carss_education/files/fischerbrain.pdf)>.

GOMES, Cristiano Mauro Assis. **Uma análise dos fatores cognitivos mensurados pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)**. Tese (Doutorado), UFMG, Belo Horizonte, 2005, 334f

HEDGES, L. V.. Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, v. 6, n.2, p. 107–128, 1981

LI, Ming-Chaun; TSAI, Chin-Chung. Game-Based Learning in Science Education: A Review of Relevant Research. **J Sci Educ Technol**, v. 22, p. 877–898, 2013  
DOI 10.1007/s10956-013-9436-x

LIU, Min. Motivating Students to Learn Using A Game-Based Learning Approach: Gaming and Education Issue. **Texas Education Review**, v. 2, n. 1, p. 117-128, 2014

LUCKESI, C. Ludicidade e formação do educador. **revista entreideias**, v. 3, n. 2, p. 13-23, 2014;

MIOT, Hélio Amante. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. **J. Vasc. Bras.**, v. 16, n. 2, p. 88-91, 2017

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

NETO, Hélio da Silva Messeder; MORADILLO, Edilson Fortuna de. **Ludicidade na Perspectiva Sociocultural: Contribuições para o Ensino e a Aprendizagem dos Conceitos Científicos**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, SP, 2013.

PARZIALE, J.; FISCHER, K. W. **The practical use of skill theory in classrooms**. In R. J. Sternberg & W. M. Williams (Eds.), *Intelligence, instruction, and assessment: Theory into practice*. New Jersey: Taylor & Francis e Library, p. 95-110, 2009

RAPPOLT-SCHLICHTMANN, Gabrielle; TENENBAUM, Harriet R.; KOEPKE, Margy F.; FISCHER, Kurt W. Transient and Robust Knowledge: Contextual Support and the Dynamics of Children's Reasoning About Density. **Mind, Brain, and Education**, v. 1, n. 2, p. 98-108, 2007

RIEBER, Lloyd P.; NOAH, David. Games, simulations, and visual metaphors in education: antagonism between enjoyment and learning. **Educational Media International**, v. 45, n. 2, p.77-92, 2008

ROSE, L. T.; FISCHER, K. W. (in press) Dynamic systems theories. In R. A. Shweder (Ed.), **The Chicago companion to the child**. Chicago, IL: Chicago University Press

SILVA, F. H. **Criar o próprio jogo didático ou apenas jogar?** Efeitos de diferentes estratégias de ensino na motivação e aprendizado de ciências. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014, 111f.

SILVA, A. J. da; ARAÚJO, W. S. de; SANTOS, W. L. P.. A controvérsia científica como catalisadora de engajamento sociopolítico. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, 2016

SILVA, G. L.; LIMA, A. D. P.; OLIVEIRA, I. B. **Ensinando física com um jogo da memória: uma abordagem para o ensino fundamental**. In: Anais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2014

XAVIER, Agamenon Pereira. **Laboratório virtual versus laboratório material: a aprendizagem de física com intervenções Tradicionais e investigativas**. Tese (Doutorado), UFBA, Salvador, 2018, 220f.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Capes pela concessão de bolsa de estudos e, principalmente, aos estudantes e professores que participaram dessa etapa da investigação.

# ← Próxima Parada

1

## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese

## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico

## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras

6 Referências

Anexos

Apêndices

14

2

Esta seção aborda resumidamente os resultados obtidos a partir da validação dos instrumentos da intervenção pedagógica e da pesquisa propriamente dita, como também as limitações da pesquisa e as perspectivas de estudos futuros. Em seguida, apresento a lista de referências, anexos e apêndices que compõem essa tese.

#### **4.1 SÍNTESE DOS RESULTADOS**

Os resultados obtidos da primeira fase da pesquisa, embora não estejam relacionados diretamente a qualquer questão de pesquisa levantada, dizem respeito a uma importante etapa da investigação: a validação de instrumentos e dos materiais didáticos. Sabe-se que este processo não aponta propriamente para a validade e confiabilidade dos instrumentos e materiais didáticos que foram aplicados durante a intervenção pedagógica, mas sim, para o significado dado às inferências tiradas a partir da análise do instrumento (WRIGHT; STONE, 1999; RAYMUNDO, 2009) e a uma análise sobre a adequação entre o conteúdo a ser tratado, abordagem de ensino e o público alvo participante da pesquisa. Desta forma, podemos ter ciência se estamos (a) alcançando os objetivos propostos a priori, assim como (b) acessando a variável latente representada nos itens que compõem o instrumento de pesquisa.

Neste sentido, da fase de validação dos instrumentos de pesquisa e dos materiais didáticos elaborados para a intervenção educacional, foi possível obter: (i) protótipo mais robusto do JD para ser aplicado na segunda fase da investigação; (ii) textos que compõem o estudo dirigido reformulados a partir de sugestões e comentários dos juízes; (iii) proposição de um sistema categórico, fundamentado na Teoria de Habilidades Dinâmicas, para avaliar itens discursivos/politômicos que compõem o banco de itens; (iv) evidências que apontam para a unidimensionalidade dos itens que compõem os testes e indicações sobre exclusão ou reformulações dos itens inicialmente propostos, através da análise de um conjunto de índices de ajustes obtidos a partir da modelagem Rasch, Teoria Clássica de Testes e técnicas associadas a análise multivariada de dados.

Tendo em vista as limitações da pesquisa e sabendo-se que, a princípio, o processo de validação não se exaure (RAYMUNDO, 2009), consideramos que este

ciclo da investigação produziu instrumentos de pesquisa e recursos didáticos suficientemente válidos dentro do domínio do estudo, o que nos permitiu utilizá-los na intervenção pedagógica que integra a pesquisa educacional relatada neste trabalho.

A segunda etapa dessa investigação tem relação com os dados coletados no contexto dessa intervenção. Por meio desses dados, procuramos investigar a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos físicos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos, a partir da interação com um jogo didático elaborado com base em uma teoria subjacente. Com isso, pretendíamos averiguar em que medida o jogo didático (JD) contribui para a aprendizagem de conteúdos científicos. Para tornar possível essa análise, comparamos os indicativos de aprendizagem de dois grupos amostrais distintos a partir da interação com esta ferramenta e outra de natureza tradicional e instrucional: o estudo dirigido (ED).

Apesar de terem sido coletados dados de fontes distintas (áudio, registro de atividades do ED, registro em diário de bordo), os dados que nos serviram como unidade de análise, dizem respeito às respostas dos 77 estudantes que compuseram a amostra final a ser analisada nesse trabalho, a cinco testes de conhecimento e um questionário estruturado. Este questionário nos forneceu condições de levantar um conjunto de fatores contextuais que poderiam interferir no processo de aprendizagem.

Os procedimentos metodológicos expostos no quarto artigo que compõe essa tese, não envolveram apenas comparações entre os dois grupos que compõem a amostra de 77 estudantes (grupo controle e experimental) em relação ao ganho (diferença no desempenho dos sujeitos) obtido nos testes de conhecimento T3 e T2<sup>49</sup>, como também os distintos estados de articulação do entendimento dimensionados pelos desempenhos nos cinco testes.

Contatamos que:

(a) Houve aprendizagem para ambos os grupos, visto que o ganho no desempenho entre os testes é maior que zero;

<sup>49</sup> Essa comparação nos permite avaliar o desempenho do grupo experimental e controle em relação à primeira ferramenta de interação (JD ou ED), possibilitando investigar indícios de efeito de uma ferramenta didática sobre a outra.

(b) o TDE  $g$  de Hedges é insignificante ( $g < 0,2$ ) quando comparamos as diferenças entre o desempenho nos testes T3 e T2 para estudantes que compuseram os grupos controle e experimental;

(c) as diferenças entre o ganho do GE e GC no pareamento de T3 e T2 não foram estatisticamente diferentes;

Os resultados (a), (b) e (c) sugerem que o JD pode ser: (i) uma ferramenta pedagógica de caráter instrucional tanto quanto o estudo dirigido; e (ii) utilizada como material didático introdutório ou recurso de aplicação do conteúdo.

Ao analisarmos que possíveis fatores poderiam influenciar na aprendizagem do conteúdo tratado por meio dos recursos didáticos, obtivemos que Turma e a percepção dos estudantes sobre o aspecto cooperativo que esteve presente na intervenção pedagógica e no JD parecem exercer influência sobre a aprendizagem de conteúdos científicos. Esse achado, embora ainda modesto, de maneira que necessita de outros estudos que o sustente, nos permite levantar a hipótese de que fenômenos educacionais podem ser modelados a partir de interações multiplicativas entre as variáveis que interferem nesse fenômeno.

Em geral, os modelos utilizados para analisar os dados empíricos se remetem a relações lineares e, por isso, temos pouca variância explicada pelo modelo e muito resíduo, uma vez que esses modelos não conseguem dimensionar outros tipos de relações. Entretanto, os dados utilizados na pesquisa na área educacional são fortemente dependentes de fatores contextuais e individuais, assim como das relações intrínsecas entre eles.

Dessa forma, apesar de os resultados apontarem a necessidade de outros estudos, em que seja possível, inclusive, avaliar aspectos que não foram tratados neste artigo, tais como a análise sobre as habilidades desenvolvidas ao jogar, como essas habilidades estão correlacionadas à aprendizagem, quais características do jogo estão associadas à motivação e quais estão relacionadas à instrução, dentre outras, os indícios encontrados nos parecem suficientes para considerar o jogo didático como uma potencial ferramenta para o ensino de Hidrostática. Isto nos sugere que, sob o ponto de vista pedagógico, o JD é aplicável ao contexto escolar e promove um ambiente de cooperação que pode ser significativo para aprendizagem.

## 4.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No decorrer desses poucos anos de experiência em pesquisa, seja na área de Física Estatística, seja em Ensino de Física, era comum circular a ideia de que fazer pesquisa não é tarefa fácil ou simples. Talvez pesquisar fenômenos educacionais empiricamente seja ainda mais difícil. Dentre diversas razões que justificam essa dificuldade, pode-se citar o fato de lidarmos com uma área que, embora seja veiculado o contrário nos meios de comunicação por nossos representantes públicos, ainda não se configura como prioritária tanto no contexto das políticas governamentais, quanto junto às instituições de financiamento e produção da pesquisa (ALVES-MAZZOTTI, 2001). Neste último caso, Faria Filho (2016, p.183) afirma haver “razoável soma de recursos aplicados na produção de conhecimentos sobre Educação no Brasil”, porém, segundo este autor, um percentual considerável destes recursos está voltado, sobretudo, para o custeio de bolsas de mestrandos e doutorandos, ou seja, na formação de novos pesquisadores (FARIA FILHO, 2016).

Ao longo desse trabalho, foi possível vivenciar problemas relacionados ao financiamento de pesquisas educacionais, mas também enfrentamos dificuldades relativas ao processo de coleta e a análise dos dados e dilemas oriundos do fato de desempenhar, concomitantemente, as funções de professora e pesquisadora durante a intervenção. Esta última requereu um bom nível de atenção e tensão para que garantisse o pressuposto ético de ensinar, sem que as ações pedagógicas provocassem enviesamento dos dados de pesquisa.

O primeiro obstáculo referido está diretamente relacionado ao tipo de produto gerado a partir desta pesquisa. Como já sinalizamos anteriormente, até meados de 2015, o enfoque do recurso didático de caráter lúdico que procurávamos desenvolver era digital. Durante cerca de dois anos e meio, com apoio do prof. Dr. Antônio Lopes Apolinário Júnior e de alunos de iniciação científica de cursos como Física, Ciência da Computação e Artes plásticas, foram programadas, ainda que superficialmente, três das quatro fases que constituem este jogo eletrônico.

Preocupados com o tempo de conclusão do curso de doutorado, critério que interfere na avaliação dos programas de pós-graduação brasileiros, e a falta de beneficiamento de recursos financeiros a partir de editais de apoio à pesquisa, optamos por abdicar temporariamente deste projeto e centrarmos esforços na

elaboração de um jogo que pudéssemos arcar sem suporte de qualquer agência de fomento, tendo em vista restrições orçamentárias estabelecidas a partir da situação econômica do país que já afetava diversos setores.

Após alguns meses, nasce, então, **Kuank: uma aventura em diferentes mundos**, um jogo de tabuleiro cujo nome e algumas características foram transpostos do *game*.

Considerando cada uma das fases de validação e a aplicação da pesquisa propriamente dita, foram construídas 21 réplicas deste jogo, totalizando a quantia de cerca de R\$2600,00 (dois mil e seiscentos reais) em investimento próprio, somente voltado para a produção deste material<sup>50</sup>. Esse relato revela que desenvolver novas ferramentas de ensino pode envolver um esforço caro e demorado.

O segundo desafio diz respeito ao processo de coleta de dados escritos<sup>51</sup> oriundos dos testes de conhecimento na fase de validação do instrumento (banco de itens) e na fase da intervenção pedagógica. Ainda que tenha sido orientado e solicitado para que os alunos respondessem às questões com máximo de empenho, é impossível controlarmos a ação de cada estudante no momento em que são submetidos aos questionários que buscam acessar o estado do entendimento sobre o conteúdo abordado. Isso afeta a robustez dos resultados devido à falta de informações. Ou seja, excesso de dados faltantes impacta, sobretudo, a análise quantitativa.

Outra situação relacionada à coleta e análise de dados, está vinculada ao processo de validação por especialistas, tanto do jogo didático, quanto do estudo dirigido. Apesar do número significativo de sujeitos (professores de Física da Educação Básica e/ou pesquisadores em Ensino, Filosofia e História das Ciências) convidados a tomarem parte da análise de cada um dos instrumentos, a participação ainda é limitada. As razões que justifiquem a baixa cooperação destes indivíduos não foram, aqui, avaliadas. Independentemente de quais sejam, índices estatísticos referentes à concordância entre julgamentos de juízes tornam-se extremamente sensíveis às discordâncias. O que limitou as análises, uma vez que não seria

<sup>50</sup> Vale destacar que este valor não reflete o custo total da aplicação da intervenção, tendo em vista que outras quantias deveriam ser somadas, a citar impressões de certificados, testes e estudos dirigidos.

<sup>51</sup> Embora este material de qualificação focalize os resultados de validação dos instrumentos de pesquisa, é possível adiantar, mesmo sem que os dados coletados no curso da intervenção educacional tenham sido analisados, que o número de questões discursivas respondidas pelos sujeitos na segunda etapa da pesquisa foi muito menor que itens dicotômicos.

possível relaxar sobremaneira o nível de significância que subsidia a análise dos índices de concordância, por exemplo.

Sobre os resultados aqui apresentados, estamos cientes de que são incipientes e que requerem ainda muitos estudos futuros. Entretanto, mesmo que modestos, os resultados obtidos levantaram apontamentos no mínimo interessantes para desenhos de outros jogos didáticos, tais como a importância do aspecto da cooperação para o processo de aprendizagem. Desse modo, sob o ponto de vista pedagógico, a ferramenta lúdica, proposta como produto educacional nesse trabalho, se configura como um potencial recurso para ser utilizado no contexto escolar.

### **4.3 PERSPECTIVAS FUTURAS**

Considerando o conjunto de dados coletados durante a intervenção pedagógica que não foram avaliados ao longo desse trabalho, reconhecemos as inúmeras possibilidades de análises que ainda podem ser realizadas. Estas análises nos permitirão avaliar o JD sob a perspectiva das interações entre os sujeitos (suporte social), o desenvolvimento de habilidades ao jogar, as características do jogo que estão associadas à motivação e aquelas relacionadas à instrução, bem como o levantamento de outros possíveis fatores que possam emergir da avaliação dos dados qualitativos oriundos da análise do diário de bordo e/ou gravações de áudio.

A aplicação dessa intervenção em outros contextos de ensino, aumentando o N da amostra, como já mencionado, nos fornecerá o conjunto de dados necessários para que a investigação de modelos pautados em relações não-lineares entre as variáveis que interferem no fenômeno educacional seja possível e nos permita obter resultados mais concretos sobre a existência de efeitos multiplicativos, indicado nessa tese.

Em se tratando de uma pesquisa que incorpora a parte pedagógica e acadêmica, a investigação relatada apresenta indicativos relevantes sobre a aprendizagem dos alunos em uma intervenção com aporte em jogos, fatores preditivos para a aprendizagem e a potencial capacidade instrutiva do jogo didático.

# Referências

1



## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese



## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico



## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

9



## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

11



## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras



## 6 Referências

Anexos

Apêndices



2

AGUIAR, M. ; AMANTES, Amanda . **Kuank: Um Jogo Eletrônico Educacional voltado para o Ensino de Física**. In: Anais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2014

ALVES, Lynn. Games e Educação: Desvendando o labirinto da pesquisa. **Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade**, v. 22, n. 40, p. 177-186, 2013

\_\_\_\_\_. A cultura lúdica e cultura digital: interfaces possíveis. **revista entreideias**, v. 3, n. 2, p. 101-112, 2014

ALVES-MAZZOTTI, A. J. Relevância e aplicabilidade da Pesquisa em Educação. **Cadernos de Pesquisa**, n. 113, p. 39-50, 2001

AMANTES, Amanda. **Contextualização no Ensino de Física: efeitos sobre a Evolução do entendimento dos estudantes**. Tese (Doutorado), UFMG, Belo Horizonte, 2009, 275f.

\_\_\_\_\_. **O entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre Movimento Relativo e Sistema de Referência**. Dissertação (Mestrado), UFMG, Belo Horizonte, 2005, 183f.

AMANTES, Amanda; COELHO, Geide. Como a abordagem de ensino influencia a aprendizagem de conteúdos Científicos e Tecnológicos? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 111-133, 2013

AMANTES, Amanda; COELHO, Geide; MARINHO, Rafael. Medida nas Pesquisas em Educação: empregando o Modelo Rasch para acessar e avaliar traços latentes. **Revista Ensaio**, v.17, n. 3, p. 657-684, 2015a

\_\_\_\_\_. **Considerações sobre a medida de traços latentes na educação** In: H. F. Golino, C. M. Gomes, A. Amantes e G. Coelho, *Psicometria Contemporânea: compreendendo os Modelos Rasch*. São Paulo: Casa do Psicólogo/Pearson, p.387-402, 2015b

ANDRÉ, Marli. Pesquisa em Educação: Buscando rigor e qualidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 113, p. 51-64, 2001

ANDRICH, D. A Rating Formulation For Ordered Response Categories. **Psychometrika**, v. 43, n. 4, p. 561-573, 1978

BAHIA. Secretaria Estadual de Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Bahia, 2015

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Formatos insubordinados de dissertações e teses na Educação Matemática. In: D'AMBRÓSIO, Beatriz Silva; LOPES, Celi Espasadin (Org.). **Vertentes da subversão na produção científica em educação matemática**. São Paulo: Campinas, Mercado das Letras, p. 347-367, 2015

BACKLUND, Per; HENDRIX, Maurice. **Educational Games – Are They Worth The Effort? A literature survey of the effectiveness of serious games**. In 5th international

conference on Games and virtual worlds for serious applications (VS-GAMES), IEEE, 2013

BONTCHEV, Boyan; VASSILEVA, Dessislava. Educational Quiz Board Games for Adaptive E-Learning. **International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering**, v.4, n. 6, p. 1045-1052, 2010

BOND, Trevor G.; FOX, Christine M. **Applying The model Rasch**: Fundamental Measurement in the Human Sciences. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 2 ed., 2007

BORSBOOM, Denny. **Measuring the Mind**: Conceptual Issues in Contemporary Psychometrics. New York: Cambridge University Press, 2005

\_\_\_\_\_. Latent Variable Theory. **Measurement**, v. 6, p. 25–53, 2008. DOI: 10.1080/15366360802035497

BORSBOOM, Denny; MELLENBERGH, Gideon J.; VAN HEERDEN, Jaap. The Theoretical Status of Latent Variables. **Psychological Review**, v. 110, n. 2, p. 203–219, 2003

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

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002 Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Básica; Diretoria de Currículos e Educação Integral. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília, 2013. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192)

BRUNER, J. S. **O processo da Educação**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1976

CASTRO, Fernanda Regebe. **A evolução das habilidades cognitivas de raciocínio lógico em tecnologia da informação**. Tese (Doutorado, UFBA, Salvador, 2017, 281f

CASTRO, N. J. *et al.* **O Estudo a Distância com Apoio da Internet**. Congresso Internacional de Educação a Distância. v. 1, 2001

CHACHAMOVICH, E. **Teoria da Resposta ao Item**: Aplicação do Modelo de Rasch em Desenvolvimento e Validação de Instrumentos em Saúde Mental. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre, 2007, 288 f.

CHOW, A. F.; WOODFORD, K. C.; MAES, J. Deal or No Deal: using games to improve student learning, retention and decision-making. **International journal of mathematical education in science and technology**, v. 42, n. 2, p. 259-264, 2011

CILLESSEN, A. Theoretical and Methodological Issues in Longitudinal Research. **International Society for the Study of Behavioural Development Newsletter**, n. 2, série 48, p. 1-4, 2005

CINEL Nora Cecília Bocaccio. Estudo dirigido: Técnica pode ser usada em sala de aula e fora do espaço escolar. **Revista do Professor**, v. 19, n. 73, p. 31-35, 2003

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

COELHO, G. R.; AMANTES, A. A influência do engajamento sobre a evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 48-72, 2014

COMMONS, M. L. Introduction to the Model of Hierarchical Complexity and its relationship to postformal action. **World Futures**, v. 64, p. 305–320, 2008

COMMONS, M. L.; GANE-MCCALLA, R.; BARKER, C. D; LI, E. Y. The Modelo of Hierarchical Complexity as a measurement system. **Behavioral Development Bulletin**, v. 19, n. 3, p. 9-14, 2014

COUTO, G.; PRIMI, R. Teoria de Resposta ao Item (TRI): Conceitos elementares dos modelos para itens dicotômicos. **Boletim de Psicologia**, v. LXI, n. 134, p. 001-015, 2011

CUNHA, Márcia Borin da. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Revista Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. Porto Alegre: ARTMED, 2 ed., p. 161–183, 2007

D'ÁVILA, Cristina Maria. Didática lúdica: saberes pedagógicos e ludicidade no contexto da educação. **superiorrevista entreideias**, v. 3, n. 2, p. 87-100, 2014

DAWSON-TUNIK, T. L. Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. In X. Liu & W. Boone (Eds.), **Applications of Rasch measurement in science education**. Maple Grove: JAM Press, p. 111–136, 2006

DEWEY, J. **Como pensamos** – Como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo: Uma reexposição. Tradução Haydée Camargo Campos. São Paulo: Editora Nacional, 4 ed., 1979 (Coleção Atualidades Pedagógicas)

DIVJAK, B; Tomić, D. The impact of game-based learning on the achievement of learning goals and motivation for learning mathematics - literature review. **J Inf Organiz Sci**, v. 35, n. 1, p. 15–30, 2011

DUARTE, L.C. S. **Jogos de Tabuleiro no Design de Jogos Digitais**. In: Proceedings do XI SBGames, Trilha de Art & Design ,Brasília, November, 2012

DUIT, Reinders. Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 3, n. 1, p. 3-15, 2007

DUKE, N. K.; BECK, S. W. Education should consider alternative formats for the dissertation. **Educational Researcher**, Washington, v. 28, n. 3, p. 31-36, 1999.

FARIA FILHO, Luciano Mendes de. Avaliação da pós-graduação em Educação: questões, dilemas e algumas proposições. **Educação em Foco**, ano 19, n. 27, p.173-205, 2016

FERRACIOLO, L. Aspectos da construção do conhecimento e da aprendizagem na obra de Piaget. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 16, n. 2: p. 180-194,1999

FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD, P. C.; PARIS, A. H. School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. **Review of Educational Research**, v.74, n. 1, p. 59-109, 2004.

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

\_\_\_\_\_. **Dynamic cycles of Cognitive and Brain development**. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). The educated brain. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006. Disponível em:  
<[http://sitemaker.umich.edu/carss\\_education/files/fischerbrain.pdf](http://sitemaker.umich.edu/carss_education/files/fischerbrain.pdf)>.

FISCHER, K. W., KNIGHT, C. C.; VAN PARYS, M. **Analyzing diversity in developmental pathways**: Methods and concepts. In R. Case & W. Edelman (Eds.), The new structuralism in cognitive development: Theory and research on individual pathways. Contributions to human development, v. 23., p. 33-56, 1993.

FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução Sandra Nertz. Porto Alegre: Bookman, 2 ed., 2004

FURLONG, M. J.; CHRISTENSON, S. L. Engaging students at school and with learning: A relevant construct for all students. **Psychology in the Schools**, v. 45, n. 5, 2008

GARCEZ, Edna Sheron da Costa; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Um Estudo do Estado da Arte Sobre a Utilização do Lúdico em Ensino de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**, v. 17, n. 1, p. 183–214, 2017

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa** São Paulo: Atlas, 4 ed., 2002

GOLINO, H. F.; GOMES, C. M. **Teoria da Medida e Modelo Rasch**. In: H. F. Golino, C. M. Gomes, A. Amantes e G. Coelho, *Psicometria Contemporânea: compreendendo os Modelos Rasch*. São Paulo: Casa do Psicólogo/Pearson, p.13-45, 2015a

\_\_\_\_\_. **O Modelo Logístico Simples de Rasch para dados dicotômicos**. In: H. F. Golino, C. M. Gomes, A. Amantes e G. Coelho, *Psicometria Contemporânea: compreendendo os Modelos Rasch*. São Paulo: Casa do Psicólogo/Pearson, p.111-153, 2015b

GORARD, Stephen. Can we overcome the methodological schism? Four models for combining qualitative and quantitative evidence. **Research Papers in Education**, v. 17, n. 4, p. 345-361, 2002 DOI: 10.1080/0267152022000031405

GRAY, Eddie; TALL, David. Abstraction as a natural process of mental compression. **Mathematics Education Research Journal**, v. 19, n. 2, p. 23–40, 2007

GOULD, J. What's the point of the PhD thesis? **Nature**, v. 535, n. 7610, p. 26-28, 2016 DOI: 10.1038/535026a

HYGINO, C. B., *et al.* Uso dos conhecimentos prévios dos estudantes: uma experiência na formação inicial de professores de física. **HOLOS**, Ano 31, v. 8, 2015

HUIZINGA, J. **Homo ludens**: o jogo como elemento da cultura. Trad. João Paulo Monteiro. São Paulo: Perspectiva, 2.ed., 1990

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Pioneira, 1994

KNIGHT, C. C.; SUTTON, R. E. Neo-Piagetian Theory and Research: enhancing pedagogical practice for educators of adults **London Review of Education**, v. 2, n. 1, 2004

LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sérgio de Mello; NARDI, Roberto. Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências, **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003

LEAL, Luiz Antonio; D'ÁVILA, Cristina Maria. A ludicidade como princípio formativo. **Interfaces Científicas**, Educação, Aracaju, v. 1, n. 2, p. 41-52, 2013

LEAL, M. C.; MORTIMER, E. F. Apropriação do discurso de inovação curricular em Química por professores do ensino médio: perspectivas e tensões. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 213-231, 2008

LI, Ming-Chaun; TSAI, Chin-Chung. Game-Based Learning in Science Education: A Review of Relevant Research. **J Sci Educ Technol**, v. 22, p. 877–898, 2013 DOI 10.1007/s10956-013-9436-x

LIU, Min. Motivating Students to Learn Using A Game-Based Learning Approach: Gaming and Education Issue. **Texas Education Review**, v. 2, Issue 1, p. 117-128, 2014

LUBISCO, Nídia Maria Lienert; VIEIRA, Sônia Chagas. **Manual de estilo acadêmico**: trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses. Salvador : EDUFBA, 5. ed., 2013

LUCKESI, C. Ludicidade e formação do educador. **revista entreideias**, v. 3, n. 2, p. 13-23, 2014;

MACEDO, L.; PETTY, A. L. S.; PASSOS, N. C. **Os jogos e o lúdico na aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2005

MARQUÉS, F. M., Physics Laws as Game Rules. **Game & Puzzle Design**, v. 2, n. 2, 2016, p. 17–26.

MEAD, R. A. **Rasch Primer**: The Measurement Theory of Georg Rasch Psychometrics services research memorandum. Maple Grove, MN: Data Recognition Corporation, 2008.

MILLER, George A. The cognitive revolution: a historical perspective. **TRENDS in Cognitive Sciences**, v.7, n.3, p. 141-144, 2003

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios os para o ensino da física na educação contemporânea**. In: Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, 2013; Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2014. Disponível em <[http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas\\_seminarios/seminarios/2014\\_Moreira\\_DesafiosEnsinoFisica.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf)>

MORENO, Roxana; MAYER, Richard. Interactive Multimodal Learning Environments Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. **Educ Psychol Rev.**, v. 19, p. 309–326, 2007

MOTA, M. M. P. E. Metodologia de Pesquisa em Desenvolvimento Humano: Velhas Questões Revisitadas. **Psicologia em Pesquisa**. v. 4, n. 02, p. 144-149, 2010

NESSSELROADE, John R.; MOLENAAR, Peter C. M. When Persons Should Be Few and Occasions Should Be Many –Modeling a Different Kind of Longitudinal Data. **International Society for the Study of Behavioural Development Newsletter**, n. 1, série 57, p. 2-4, 2010

NETO, Hélio da Silva Messeder; MORADILLO, Edilson Fortuna de. **Ludicidade na Perspectiva Sociocultural: Contribuições para o Ensino e a Aprendizagem dos Conceitos Científicos**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, SP, 2013.

PARZIALE, J.; FISCHER, K. W. **The practical use of skill theory in classrooms**. In R. J. Sternberg & W. M. Williams (Eds.), *Intelligence, instruction, and assessment: Theory into practice*. New Jersey: Taylor & Francis e Library, p. 95-110, 2009

PASQUALI, Luiz. **Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento**. In: PASQUALI, Luizz (Org) Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida/ UnB, 1996

\_\_\_\_\_. *Psicometria*. **Rev Esc Enferm USP**, v. 43(Esp), p. 992-999, 2009

PRENSKY, M. **Don't bother me Mom – I'm learning**. Paragon House Publishers, Minneapolis, 2007.

\_\_\_\_\_. The Motivation of Gameplay. **On The Horizon**, v. 10, n. 1, 2002 Disponível em: [www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20The%20Motivation%20of%20Gameplay-OTH%2010-1.pdf](http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20The%20Motivation%20of%20Gameplay-OTH%2010-1.pdf)

PRUDÊNCIO, M. E. D., *et al.* A qualidade do ensino da física e o interesse de estudantes do ensino médio pela docência na área. **Revista Electrónica de Investigación y Docencia**, v. 15, 2016

PUENTEDURA, R. **Game-based learning**, 2012. Disponível em: <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2012/01/19/GameBasedLearning.pdf>

RAMOS, E. M. F.; FERREIRA, N. C. **Brinquedos e jogos no ensino de Física**. In: Roberto Nardi. (Org.), *Pesquisa em Ensino de Física*, São Paulo: Escrituras, 3 ed., 2004

RAPPOLT-SCHLICHTMANN, Gabrielle; TENENBAUM, Harriet R.; KOEPKE, Margy F.; FISCHER, Kurt W. Transient and Robust Knowledge: Contextual Support and the Dynamics of Children's Reasoning About Density. **Mind, Brain, and Education**, v. 1, n. 2, p. 98-108, 2007

RAYMUNDO, Valéria Pinheiro. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, v. 44, n. 3, p. 86-93, 2009

REEVE, B. B. **An Introduction to Modern Measurement Theory**. Bethesda: National Cancer Institute, 2002. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/d6b1/0ae949ff4d89b2bfe27a36e40fd83e7aeb6e.pdf>

RIEBER, Lloyd P.; NOAH, David. Games, simulations, and visual metaphors in education: antagonism between enjoyment and learning. **Educational Media International**, v. 45, n. 2, p.77-92, 2008

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto: da relevância da História da Ciência no Ensino da Física. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, n 5, p. 7-22, 1988

SABKA, D. R.; JUNIOR, P. L.; PEREIRA, A. **Jogos na educação científica para a cidadania: uma análise da produção acadêmica recente**. In: Anais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2014

SHAFFER, D. W.; SERLIN R. C. What Good are Statistics That don't Generalize? **Educational Researcher**, University of Wisconsin, Madison, v.9, n.33, p. 14-25, 2004

SILVA, F. H. **Criar o próprio jogo didático ou apenas jogar?** Efeitos de diferentes estratégias de ensino na motivação e aprendizado de ciências. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014, 111f.

SILVA, G. L.; LIMA, A. D. P.; OLIVEIRA, I. B. **Ensinando física com um jogo da memória: uma abordagem para o ensino fundamental.** In: Anais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2014

SINGER, Judith D.; WILLETT, John B. Improving the Practice of Longitudinal Research. **International Society for the Study of Behavioural Development Newsletter**, n. 2, série 48, p. 13-14, 2005

SOARES, M.H.F.B. **Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: teoria, métodos e aplicações.** In: Atas do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba, 2008

\_\_\_\_\_. **O Lúdico em Química: Jogos e atividades aplicados ao ensino de Química.** Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004, 203f.

SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ, V.. Piagetian and Neo-Piagetian variables in science problem solving: directions for practice. **Ciências & Cognição**. v. 13, n. 2, p. 192-200, 2008

TAYLOR, C.; GORARD, S. **Combining Methods in Educational and Social Research.** Berkshire: Open University Press, 2004

UNESCO. Division of Science Technical and Environmental Education. **Games and Toys in the teaching of science and technology.** Doc. Seires. 29, Paris, 1988

WRIGHT, B.; STONE, M. **Measurement Essentials.** Wilmington: Wide Range, Inc., 2 ed., p. 167-182, 1999

XAVIER, Agamenon Pereira. **Laboratório virtual versus laboratório material: a aprendizagem de física com intervenções Tradicionais e investigativas.** Tese (Doutorado), UFBA, Salvador, 2018, 220f.

# ← Anexos

1



## 1 O Enredo

- 1.1 Nascimento do Projeto de Pesquisa
- 1.2 Formato da Tese



## 2 A Partida

- 2.1 Objetivos e Questões de Pesquisa
- 2.2 Alicerces Teóricos
- 2.3 Delineamento Metodológico



## 3 O Processo Criativo

- Artigo 1.** Construção e Validação de um Jogo Didático Voltado para o Ensino de Hidrostática
- Artigo 2.** Construção e Validação de Ferramenta Instrucional Voltada para o Ensino de Física
- Artigo 3.** Análise de Banco de Itens Através da Modelagem Rasch: Uma Validação do Construto

9



## 4 Sobre a Intervenção

- Artigo 4.** Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos no Fenômeno de Flutuação de Corpos a Partir de um Jogo Didático

11



## 5 Próxima Parada

- 5.1 Síntese dos Resultados
- 5.2 Limitações da Pesquisa
- 5.3 Perspectivas Futuras



## 6 Referências

## Anexos

## Apêndices

14



2

## ANEXO A.1 - Conteúdos Referenciais para o Ensino Médio (FÍSICA) - 2013



### CONTEÚDOS REFERENCIAIS PARA O ENSINO MÉDIO - FÍSICA

#### Área de Conhecimento: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias

#### Componente Curricular/Disciplina: Física

#### Ementa

Possibilitar a compreensão dos saberes adquiridos com o mundo vivencial do estudante, a observação dos fenômenos com que efetivamente lidam ou os problemas e as indagações que despertam sua curiosidade. Despertar a consciência de uma responsabilidade social e ética frente as situações em que os saberes da física estejam envolvidos.

#### Conteúdos

#### ENSINO MÉDIO – 1ª SÉRIE

- Medidas em Física: importância, representações, notações e algarismos significativos.
- Grandezas básicas e padrões de medida: comprimento, tempo, área, volume, massa.
- Grandezas vetoriais: ilustrações, operações e aplicações.
- Os estudos sobre o movimento na Física: história, formulações e matematização.
- Principais focos do estudo sobre o movimento com base na formulação newtoniana.
- Forças fundamentais da natureza: breves discussões iniciais.
- Força, potência e energia: das alavancas aos sistemas de forças; das interações e suas medidas; das relações entre trabalho, força, movimento e energia.
- As várias manifestações da energia no cotidiano.

#### ENSINO MÉDIO – 2ª Série

- Calor, ambiente e usos de energia térmica.
- Imagens, sons e informação: da óptica às ondas; da lupa ao computador; dos limiares auditivos aos sons ensurdecedores.
- Eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo: dos seus fundamentos em elementos, dispositivos e circuitos elementares às conversões de energia nos aparelhos elétricos; tecnologias eletromagnéticas e seus usos no cotidiano doméstico.



### ENSINO MÉDIO – 3ª Série

- Eletricidade e equipamentos elétricos: o papel dos motores elétricos e dos componentes eletrônicos no desenvolvimento tecnológico.
- Telecomunicações, informações e ondas eletromagnéticas: a veiculação de informações por ondas eletromagnéticas; princípio de funcionamento dos principais equipamentos de comunicação com base na propagação de ondas eletromagnéticas (rádio, TV, telefonia convencional e celular, fibras ópticas).
- Matéria e radiação: a energia nuclear e suas aplicações. Os limites de uso da energia nuclear.
- Universo, terra e vida: a busca por teorias cosmológicas desde a antiguidade. Isaac Newton e a formulação da teoria gravitacional; as dimensões do universo e as tecnologias advindas dos estudos espaciais.
- Física Quântica.

## ANEXO A.2 - Conteúdos Referenciais para o Ensino Médio (FÍSICA) - 2014



### CONTEÚDOS REFERENCIAIS PARA O ENSINO MÉDIO

#### Área de Conhecimento: Ciências da Natureza

#### Componente Curricular: Física

#### Ementa

Possibilitar a compreensão dos saberes adquiridos com o mundo vivencial do estudante, a observação dos fenômenos com que efetivamente lidam ou os problemas e as indagações que despertam sua curiosidade. Despertar a consciência de uma responsabilidade social e ética frente as situações em que os saberes da física estejam envolvidos.

#### Conteúdos

##### ENSINO MÉDIO – 1ª Série

- Medidas em Física: importância, representações, notações e Algarismos significativos.
- Grandezas básicas e padrões de medida: comprimento, tempo, área, volume, massa.
- Grandezas vetoriais: ilustrações, operações e aplicações.
- Os estudos sobre o movimento na Física: história, formulações e matematização.
- Principais focos do estudo sobre o movimento com base na formulação newtoniana.
- Forças fundamentais da natureza: breves discussões iniciais.
- Força, potência e energia: das alavancas aos sistemas de forças; das interações e suas medidas; das relações entre trabalho, força, movimento e energia.
- As várias manifestações da energia no cotidiano.

##### ENSINO MÉDIO – 2ª Série

- Calor, ambiente e usos de energia térmica.
- Imagens, sons e informação: da óptica às ondas; da lupa ao computador; dos limiares auditivos aos sons ensurdecedores.
- Eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo: dos seus fundamentos em elementos, dispositivos e circuitos elementares às conversões de energia nos aparelhos elétricos; tecnologias eletromagnéticas e seus usos no cotidiano doméstico.

##### ENSINO MÉDIO – 3ª Série

- Eletricidade e equipamentos elétricos: o papel dos motores elétricos e dos componentes eletrônicos no desenvolvimento tecnológico.
- Telecomunicações, informações e ondas eletromagnéticas: a veiculação de informações por ondas eletromagnéticas; princípio de funcionamento dos principais equipamentos de comunicação com base na propagação de ondas eletromagnéticas (rádio, TV, telefonia convencional e celular, fibras ópticas).
- Matéria e radiação: a energia nuclear e suas aplicações. Os limites de uso da energia nuclear.
- Universo, terra e vida: a busca por teorias cosmológicas desde a antiguidade. Isaac Newton e a formulação da teoria gravitacional; as dimensões do universo e as tecnologias advindas dos estudos espaciais.
- Física Quântica.

## ANEXO A.3 - Conteúdos Referenciais para o Ensino Médio (FÍSICA) - 2015



**Governo do Estado da Bahia**  
Secretaria da Educação

### CONTEÚDOS REFERENCIAIS PARA O ENSINO MÉDIO

#### Área de Conhecimento: Ciências da Natureza

#### Componente Curricular: Física

#### Ementa

Possibilitar a compreensão dos saberes adquiridos com o mundo vivencial do estudante, a observação dos fenômenos com que efetivamente lidam ou os problemas e as indagações que despertam sua curiosidade. Despertar a consciência de uma responsabilidade social e ética frente as situações em que os saberes da física estejam envolvidos.

#### Conteúdos

##### ENSINO MÉDIO – 1ª Série

- Medidas em Física: importância, representações, notações e Algarismos significativos.
- Grandezas básicas e padrões de medida: comprimento, tempo, área, volume, massa.
- Grandezas vetoriais: ilustrações, operações e aplicações.
- Os estudos sobre o movimento na Física: história, formulações e matematização.
- Principais focos do estudo sobre o movimento com base na formulação newtoniana.
- Forças fundamentais da natureza: breves discussões iniciais.
- Força, potência e energia: das alavancas aos sistemas de forças; das interações e suas medidas; das relações entre trabalho, força, movimento e energia.
- As várias manifestações da energia no cotidiano.

##### ENSINO MÉDIO – 2ª Série

- Calor, ambiente e usos de energia térmica.
- Imagens, sons e informação: da óptica às ondas; da lupa ao computador; dos limiares auditivos aos sons ensurdecedores.
- Eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo: dos seus fundamentos em elementos, dispositivos e circuitos elementares às conversões de energia nos aparelhos elétricos; tecnologias eletromagnéticas e seus usos no cotidiano doméstico.

##### ENSINO MÉDIO – 3ª Série

- Eletricidade e equipamentos elétricos: o papel dos motores elétricos e dos componentes eletrônicos no desenvolvimento tecnológico.
- Telecomunicações, informações e ondas eletromagnéticas: a veiculação de informações por ondas eletromagnéticas; princípio de funcionamento dos principais equipamentos de comunicação com base na propagação de ondas eletromagnéticas (rádio, TV, telefonia convencional e celular, fibras ópticas).
- Matéria e radiação: a energia nuclear e suas aplicações. Os limites de uso da energia nuclear.
- Universo, terra e vida: a busca por teorias cosmológicas desde a antiguidade. Isaac Newton e a formulação da teoria gravitacional; as dimensões do universo e as tecnologias advindas dos estudos espaciais.
- Física Quântica.

# ← Apêndices



## **APÊNDICE A–** Descrição da intervenção pedagógica

### (a) Encontro 1 (toda a amostra) – Duração: 125 min

Primeiramente, foi explicado aos alunos como a oficina iria funcionar, o propósito acadêmico desta intervenção e, posteriormente, foi distribuído o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B.1 e B.2) para que professores, estudantes maiores de 18 anos e pais ou responsáveis daqueles que ainda não atingiram a maioria possam se posicionar quanto à utilização dos dados coletados para a pesquisa.

Esse encontro teve como meta a realização de duas atividades: um teste de conhecimento, denominado Questionário 1 (APÊNDICE F.1), e uma instrução geral cujo plano de aula se encontra no APÊNDICE C. O Questionário 1 funcionou como uma sondagem em que foi possível acessar os entendimentos prévios sobre os conceitos científicos que serão tratados no decorrer da intervenção. Este questionário, assim como todos os outros que foram empregados no curso da oficina, teve duração máxima de 50 min.

Após esse momento, foi ministrada uma instrução em que os conceitos-chave envolvidos no fenômeno a ser tratado devem ser apresentados segundo uma abordagem geral, sem que haja aprofundamento do conteúdo no nível de formalização presente no estudo dirigido, e mantendo o foco nos aspectos conceituais, procedimentais e de aplicação do conteúdo no cotidiano. Isso representa uma tentativa de assegurar que os estudantes que primeiro interagiram com o jogo de tabuleiro não acessassem apenas informações oriundas do senso comum para resolver as tarefas propostas no jogo didático. Essa atividade foi executada na forma de uma exposição dialogada em até 75 min.

### (b) Encontro 2 – Duração 150 min

#### ◦ Amostra 1

No primeiro período deste encontro, os estudantes que compunham esse grupo amostral foram submetidos a um segundo teste de conhecimento (Questionário 2 situado no APÊNDICE F.2), visto que subtemos que a partir da instrução geral, o entendimento sobre os conteúdos escolares possa ter evoluído.

Em seguida, este conjunto de alunos interagiu com o jogo didático. Uma breve descrição sobre o referido instrumento está exposta no APÊNDICE E. O tempo máximo de interação com esse recurso foi de, aproximadamente, 100 min.

ATENÇÃO! Como o jogo didático foi elaborado para ser jogado por 2 ou 3 estudantes, foram formados grupos com este número de jogadores. Tais grupos, na medida do possível, permaneceram os mesmos durante todo o restante da intervenção.

- Amostra 2

Assim como planejado para a amostra 1, este grupo de estudantes respondeu ao segundo teste de conhecimento (APÊNDICE F.2). Após a execução do Questionário 2, foi aplicado o primeiro texto e caderno de atividades que formam o estudo dirigido (APÊNDICE D.1). Considerando que o teste aplicado neste encontro teve, assim como os demais, cerca de 50 min de duração, isso significa que o intervalo de tempo previsto para a interação com este material foi de, aproximadamente, 100 min. Ao final do encontro, foram recolhidos somente os cadernos de atividades de cada um dos estudantes.

Devido a condições de jogabilidade determinadas pelo jogo de tabuleiro, para o estudo dirigido, sempre que possível, foram organizados grupos de 2 ou 3 estudantes. Na medida do possível, tais grupos permaneceram formados com a mesma configuração durante toda a intervenção.

Todavia, diferentemente do jogo didático, aqui foram previstos curtos momentos de interferência do professor-pesquisador com o intuito de formalizar o conteúdo e discutir dúvidas levantadas pelos estudantes de cada grupo. Deste modo, todas as tarefas propostas no caderno de atividades desta parte do estudo dirigido e questionamentos trazidos pelos educandos foram discutidos coletivamente. Este procedimento voltou a se repetir durante a interação do estudante com a segunda parte do estudo dirigido.

- (c) Encontro 3 – Duração 150 min

- Amostra 1

Inicialmente, os estudantes que constituem essa amostra foram submetidos ao Questionário 3 (APÊNDICE F.3). Posteriormente, foi aplicado o primeiro texto e caderno de atividades que compõem o estudo dirigido que, como mencionado anteriormente, teve duração máxima de cerca de 100 min e está apresentado no APÊNDICE D.1.

É importante lembrar que aqui também foram previstos curtos momentos em que foram tratados questionamentos levantados pelos estudantes e todas as tarefas

propostas no caderno de atividades referente ao primeiro texto base. O mesmo foi realizado no curso da segunda parte do estudo dirigido.

- Amostra 2

Estudantes desse grupo amostral continuaram a interagir, neste primeiro momento, com o estudo dirigido através do segundo texto base e caderno de atividades que constituem este material didático (APÊNDICE D.2). Assim como no caso da primeira parte do estudo dirigido, esta interação ocorreu em cerca de 100 min.

A seguir, os alunos responderam ao terceiro teste de conhecimento (Questionário 3 – APÊNDICE F.3).

- (d) Encontro 4 – Duração 150 min

- Amostra 1

Inicialmente, foi empregado o segundo texto e caderno de atividades que compõem o estudo dirigido que, como citado, teve duração máxima de cerca de 100 min e está apresentado no APÊNDICE D.2.

Para finalizar este encontro, os participantes responderam ao penúltimo teste de conhecimento: o Questionário 4 (APÊNDICE F.4).

- Amostra 2

Primeiramente, os alunos que compõem esse grupo amostral interagiram com o jogo didático. Como para o caso da amostra 1, o tempo máximo de contato com este recurso foi de, aproximadamente, 100 min. Após esta etapa, os educandos responderam ao quarto questionário (APÊNDICE F.4) que corresponde ao pós-teste.

- (e) Encontro 5 (toda a amostra) – Duração 50 min

Este encontro ocorreu de 15 a 30 dias após a execução do pós-teste aplicado no encontro 4. Nele, todos os participantes foram submetidos ao último teste de conhecimento (Questionário 5 situado no APÊNDICE F.5) que tem como propósito verificar o entendimento global sobre flutuação dos corpos que tenha sido “retido” na memória dos estudantes. Depois de realizada a tarefa, aos estudantes que participaram de, pelo menos, 4 dos 5 encontros da oficina, foram entregues os certificados de participação (APÊNDICE G), encerrando a intervenção pedagógica.

## APÊNDICE B.1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ALUNOS)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (ALUNOS)

---

**Título do Projeto:** Evolução do entendimento de estudantes sobre conceitos envolvidos no fenômeno de flutuações a partir de um jogo didático

**Pesquisadores responsáveis:** Madaya Aguiar (Doutoranda)  
Amanda Amantes Neiva (Orientadora)  
Charbel Niño El-Hani (Coorientador)

### *TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO*

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, de uma pesquisa educacional.

Durante uma **oficina de Física**, com carga horária de, aproximadamente, **10h**, você estudará **conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos** a partir de duas ferramentas didáticas: um jogo de tabuleiro e dois textos que compõem o estudo dirigido. Nesta oficina serão propostas algumas **atividades que envolvem leitura, experimentos de baixo custo, um jogo didático e resolução de questões fechadas e abertas**, as quais devem ser respondidas como tarefas escolares usuais. Seu professor poderá, ou não, avaliar tais atividades e utilizá-las como parte do processo de avaliação do seu desempenho em na disciplina de Física.

**A pesquisa tem como objetivo investigar a aprendizagem de estudantes do ensino médio sobre o conteúdo de hidrostática, tendo como parâmetro duas ferramentas de ensino: (a) jogo didático que se insere em uma abordagem de natureza lúdica; (b) estudo dirigido, comumente presente em uma de abordagem de ensino por transmissão.** Para isso, pretendemos (i) analisar as anotações e respostas registradas por escrito nas suas folhas de atividades e testes; (ii) gravar em áudio suas falas e conversas com colegas durante os encontros da oficina; e (iii) observar a oficina e realizar anotações sobre os acontecimentos relevantes. Este estudo produzirá conhecimento educacional para nós (pesquisadores e professores), para nossos futuros(as) alunos(as) e para outros professores e seus alunos. Portanto, é conhecimento socialmente relevante.

**Pedimos a sua autorização para: (i) analisar tais registros escritos; (ii) para gravar em áudio suas falas e conversas com colegas durante as aulas de física enquanto realiza as tarefas propostas; e (iii) observar e registrar acontecimentos relevantes durante a oficina.**

Caso você não autorize a análise de seus registros escritos; ainda assim eles serão coletados pelo professor e/ou pesquisador 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 atividade, 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.

**Se você concordar com o uso de seus registros de áudio e escritos nesta pesquisa, podemos lhe garantir que: (1) nos nossos procedimentos de análise, bem como na divulgação dos resultados obtidos, adotaremos procedimentos**

**para preservar a sua identidade e resguardar a sua privacidade; (2) seu professor de Física não utilizará os resultados de nossa análise para lhe avaliar ou para analisar seu desempenho.**

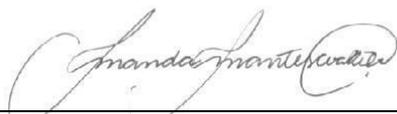
Se você concordar em participar da pesquisa, nós também lhe pedimos a autorização para manter seus dados por 05 anos em um banco de dados para outras pesquisas educacionais a serem eventualmente realizadas no futuro. Os compromissos assumidos acima permanecerão válidos para esse banco de dados, em arquivos digitais. O Comitê de ética em Pesquisa será comunicado de qualquer nova investigação ser realizada utilizando seus dados.

Caso você não concorde com a manutenção dos seus dados no banco de dados, nós os destruiremos tão logo a pesquisa termine.

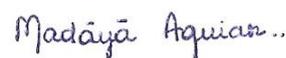
Exceto por um certificado ao final da oficina, você não terá nenhum benefício direto como qualquer tipo de remuneração por sua participação nesta pesquisa. Os benefícios que você possa vir a ter serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de Física, e que poderá beneficiar a você e aos nossos futuros(as) alunos(as). **Os possíveis riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são considerados de natureza física (por exemplo, devido a manuseio equivocado de elementos do jogo) e psíquica (tendo em vista o fato do jogo ser classificado como semi-competitivo).**

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 no endereço Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, Cep 40170-115, Salvador –Bahia, no (71) 3283-6607.

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  
 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  
 Madaya dos Santos Figueiredo de Aguiar  
 e-mail: madayaaguiar@gmail.com  
 Universidade Federal da Bahia  
 Instituto de Física  
 Rua Barão de Jeremoabo, s/n Ondina  
 Cep 40170-115, Salvador –Bahia  
 (71)32836608

### **CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO COMO SUJEITO 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 – testes, respostas às questões e demais anotações que farei durante a oficina sobre hidrostática, 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 a oficina sobre hidrostática podem ser usados para a pesquisa acima descrita.  Eu concordo.  Eu não concordo.

As anotações realizadas pelo pesquisador responsável 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.

As anotações realizadas pelo pesquisador responsável podem ser guardados em banco de dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional.  Eu concordo.  Eu não concordo.

Salvador, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

Nome do estudante por extenso:

\_\_\_\_\_  
Assinatura (caso seja maior de 18 anos):

\_\_\_\_\_  
Nome do responsável por extenso (caso o estudante seja menor de 18 anos):

\_\_\_\_\_  
Assinatura:

## APÊNDICE B.2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (PROFESSORES)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PROFESSOR)

---

**Título do Projeto:** Evolução do entendimento de estudantes sobre conceitos envolvidos no fenômeno de flutuações a partir de um jogo didático

**Pesquisadores responsáveis:** Madaya Aguiar (Doutoranda)  
Amanda Amantes Neiva (Orientadora)  
Charbel Niño El-Hani (Coorientador)

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado(a) Professor(a):

O (A) senhor(a) está sendo convidado(a) a incentivar seus estudantes a participarem de uma intervenção educacional específica, descrita em seguida.

Pedimos que analise a oficina sobre conceitos físicos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos. Essa oficina aborda os conceitos físicos que interferem no processo de fluabilidade de corpos em meios fluidos. Nossa preocupação foi manter o foco central nos conceitos físicos, mas não deixamos de realizar, sempre que possível, uma discussão de aspectos do cotidiano e experimental (com aparatos de baixo custo). Para isso, foram elaboradas duas ferramentas didáticas de naturezas distintas: (a) um jogo de tabuleiro; e (b) dois textos que constituem o estudo dirigido.

Acreditamos que esses materiais possam contribuir para a aprendizagem dos estudantes sobre conceitos com os quais eles têm certa familiaridade ou que nunca tiveram contato.

Durante a aplicação da oficina de física, os(as) alunos(as) receberão o material escrito e farão atividades orientadas. Na oficina serão propostas algumas atividades que envolvem leitura, experimentos de baixo custo, jogo didático e questões fechadas e abertas, as quais devem ser respondidas como se fossem tarefas escolares usuais.

O (A) senhor(a) poderá, ou não, avaliar tais atividades e corrigi-las como parte do processo de avaliação do desempenho dos estudantes na disciplina Física.

Nesta pesquisa, **pretendemos investigar como o jogo didático utilizado durante a oficina contribui para a aprendizagem de conceitos físicos tipicamente escolares**. Para isso, pretendemos (i) analisar as anotações e respostas registradas por escrito nas folhas de atividades e testes de seus estudantes; e (ii) gravar em áudio, as falas e conversas dos estudantes durante as aulas de física; e (iii) observar a oficina e realizar anotações sobre os acontecimentos relevantes.

Este estudo produzirá conhecimento educacional relevante para nós (professores e pesquisadores), para nossos futuros (as) alunos(as) e para outros professores e seus estudantes. **Pedimos a sua autorização para: (i) que nós possamos aplicar a oficina; (ii) gravar em áudio as falas dos estudantes durante a oficina; (iii) que nós possamos observar a oficina e realizar anotações sobre os acontecimentos relevantes; (iv) coletar dados oriundos dos registros escritos pelos estudantes.**

Os estudantes, e seus pais se menores, serão consultados sobre a participação na pesquisa. Aqueles que não concordarem em disponibilizar seus registros para a pesquisa devem realizar as atividades, não sofrerão qualquer sanção e os registros

escritos, como demais informações não farão parte do nosso banco de dados, mas suas atividades podem ser avaliadas pelo (a) senhor(a) para fins educacionais.

Se você concordar em participar dessa pesquisa, podemos lhe garantir que: (i) em nossa análise adotaremos procedimentos para preservar a sua identidade e de seus educandos, resguardando a sua privacidade e a dos estudantes; (ii) não utilizaremos os dados coletados para análise de ações docentes; (iii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que o senhor e seus (suas) alunos (as) sejam identificados.

Se o (a) senhor(a) concordar com a condução da pesquisa na instituição de ensino a qual leciona, pedimos sua autorização para mantermos os dados em um banco de dados por 5 anos para que outras pesquisas sejam eventualmente realizadas no futuro. Os compromissos assumidos acima permanecerão válidos para esse banco de dados. O Comitê de ética em pesquisa será comunicado de qualquer nova pesquisa a ser realizada utilizando os dados coletados.

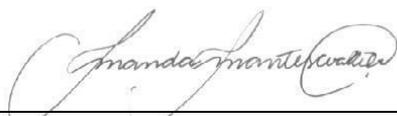
Caso os (as) alunos(as) e/ou seus pais não concordem com a manutenção dos dados no banco de dados, nós os destruiremos tão logo a pesquisa termine.

O (A) senhor(a) não terá nenhum benefício direto – não receberá vantagem de qualquer espécie - pela sua participação nesta pesquisa. Os benefícios que o senhor possa vir a ter serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de física. **Os possíveis riscos decorrentes da participação na pesquisa de seus estudantes são considerados de natureza física (por exemplo, devido a manuseio equivocado de elementos do jogo) e psíquica (tendo em vista o fato do jogo ser classificado como semi-competitivo).**

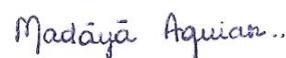
Caso o (a) senhor (a) dê seu consentimento e, posteriormente mude de ideia, poderá retirá-lo a qualquer momento que assim o desejar: a pesquisa será interrompida e os dados destruídos.

Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando, o senhor pode procurar os pesquisadores responsáveis para esclarecer suas dúvidas nos endereços especificados abaixo de nossas assinaturas.

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  
 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  
 Madaya dos Santos Figueiredo de Aguiar  
 e-mail: madayaaguiar@gmail.com  
 Universidade Federal da Bahia  
 Instituto de Física  
 Rua Barão de Jeremoabo, s/n Ondina  
 Cep 40170-115, Salvador –Bahia  
 (71)32836608

## CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu li e entendi as informações e os detalhes descritos nesse documento.

Entendo que eu sou livre para permitir a intervenção educacional descrita nesse TCLE e que posso interromper ou alterar a aplicação da oficina a qualquer momento e segundo os interesses de ensino.

Entendo que eu sou livre para aceitar ou não minha participação na pesquisa e que posso interromper minha participação a qualquer momento, caso esta seja solicitada.

Declaro que analisei a oficina apresentada. Declaro que (i) julgo ser a intervenção examinada adequada aos meus alunos, (ii) julgo que sua aplicação provavelmente terá um efeito benéfico para todos os estudantes, e (iii) julgo que ela é compatível com os propósitos de ensino da instituição de ensino ao qual leciono e tem um bom potencial educacional.

Declaro que concordo livremente com a condução da pesquisa descrita neste TCLE, tendo como material humano os estudantes das turmas que leciono na unidade escolar em que realizo minhas atividades laborais.

Autorizo a presença da pesquisadora Madaya dos Santos Figueiredo de Aguiar em sala de aula ou laboratório de ensino destinado à pesquisa e que ela faça anotações relativas aos eventos ocorridos em sala de aula.

Autorizo a gravação em áudio das intervenções na sala de aula. Autorizo a análise dos dados e a sua manutenção em banco de dados para uso em outras futuras pesquisas educacionais.

Salvador, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

Nome por extenso:

---

Assinatura:

---

## APÊNDICE C – Plano de aula: Instrução geral

### 1 PÚBLICO ALVO

Em geral, o conteúdo relacionado à Física Térmica é ministrado em turmas do 2º ano do Ensino Médio. Portanto, esse é público ao qual essa aula deverá ser ministrada.

### 2 TEMPO DE AULA

75 min

### 3 TEMA

Mecânica dos Fluidos - Hidrostática: Flutuação dos corpos

### 4 OBJETIVOS

#### (i) Objetivo geral

Compreender princípios e conceitos físicos que influenciam o fenômeno de flutuação dos corpos, a partir da aplicação destes em distintas situações-problemas.

#### (ii) Objetivos específicos

##### (a) Objetivos conceituais

- Compreender conceitos de densidade, pressão e empuxo;
- Interpretar conceitos e princípios estudados aplicados a um conjunto de situações-problemas previamente elaboradas;
- Relacionar os conceitos e princípios físicos abordados com fatos que permeiam nosso cotidiano.

##### (b) Objetivos procedimentais

- Manipular experimentos de baixo custo de caráter demonstrativo;
- Observar evidências de princípios físicos tratados no contexto de uma intervenção educacional em fenômenos físicos;
- Comparar conceitos como densidade e viscosidade, e pressão e força, estabelecendo suas diferenças.

#### (c) Objetivos atitudinais

- Compartilhar entendimentos prévios sobre os conteúdos científicos elencados;
- Propor hipóteses fundamentadas em aspectos teóricos que envolvem o fenômeno em estudo;
- Colaborar com o andamento da instrução, posicionando-se adequadamente frente às colocações de outros estudantes.

### 5. METODOLOGIA DA AULA

Aula pautada em exposição dialogada, com aporte no uso de tecnologias digitais e em experimentos de baixo custo de natureza demonstrativa.

### 6. CONTEÚDOS DISCIPLINARES

#### (i) Pré-requisitos

- Conceitos e princípios estruturantes da Mecânica (repouso, movimento e suas classificações, velocidade, aceleração, força resultante, força peso, força normal, leis de Newton e condições de equilíbrio);
- Conceitos matemáticos oriundos da geometria e suas transformações (área, volume, comprimento);

- Estados físicos da matéria;
- Vetores.
- (ii) Conteúdos programáticos
- Densidade;
- Pressão;
- Pressão atmosférica;
- Princípios de Stevin e de Pascal;
- Empuxo;
- Princípio de Arquimedes;
- Condições de Flutuabilidade

## 7. DESCRIÇÃO ESQUEMÁTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TEMA

### (i) Primeiro momento:

- Apresentação de problema que compreende a flutuação de navios: Por que uma bolinha de aço afunda e o navio, feito de toneladas de aço, navega pelos mares?
- Estabelecimento de vínculo deste problema com fenômenos estudados pela Física de fluidos;
- Diferenciação entre (Hidrostática e hidrodinâmica);
- Definição de fluidos;

### (ii) Segundo momento:

- Definição de densidade;
- Diferenciação entre densidade e viscosidade;
- Levantamento de situações do cotidiano em que este conceito científico está presente;
- Apresentação de possíveis unidades de medida;
- Experimentos de baixo custo utilizando:

(a) Recipiente, mel e óleo de soja;

(b) Balança, dois conjuntos de líquidos A e B (em um dos conjuntos, A e B apresentam a mesma massa e volumes distintos, enquanto que em outro conjunto, A e B apresentam mesmo volume e massas diferentes) - a função deste experimento é demonstrar a relação entre massa e volume como determinantes para a grandeza densidade.

### (iii) Terceiro momento:

- Definição de pressão (visão macroscópica e microscópica);
- Levantamento de situações do cotidiano em que este conceito físico está presente;
- Apresentação de possíveis unidades de medida;
- Definição de pressão atmosférica;
- Discussão sobre efeitos fisiológicos em nosso organismo devido à variação de pressão atmosférica a qual estamos submetidos;
- Apresentação da equação fundamental da hidrostática;
- Formulação do princípio de Stevin e de Pascal;
- Discussão sobre a aplicação destes princípios em situações reais (vasos comunicantes, caixa d'água, elevadores hidráulicos)
- Experimentos de baixo custo utilizando:
  - (a) Bexigas e conjunto de palitos distribuídos em isopor – o propósito deste aparato de baixo custo é corroborar a relação entre força, área de contato e pressão;
  - (b) Recipiente, água, vela, fósforo, copo de vidro – com o objetivo de verificar a ação da pressão atmosférica;
  - (c) Duas Seringas de calibres distintos, mangueira de equipo, fita veda rosca,

água – protótipo de uma prensa hidráulica;

(iv) Quarto momento:

- Definição de Empuxo e sua origem;
- Levantamento de situações do cotidiano em que este conceito científico está presente;
- Peso aparente: Por que parecemos mais leves na água?
- Formulação do princípio de Arquimedes;
- Diferenciação entre peso do corpo e peso do fluido deslocado;
- Empuxo e Peso do corpo formam uma para de forças ação e reação?
- Discussão sobre condições de flutuabilidade;
- Experimento utilizando duas folhas de alumínio com as mesmas dimensões (10 cm x 6 cm), água e recipiente para demonstrar o conceito de empuxo – uma das folhas será dobrada à metade pelo menos 4 vezes, ao passo que o outro retângulo de alumínio se tornará um barquinho;

## 8. RECURSOS DIDÁTICOS

- Quadro branco e pincel;
- Computador e projetor;
- Kits experimentais de baixo custo presentes na Imagem 1.



**Imagem 1.** Conjunto de experimentos realizados durante a instrução

## 9. REFERÊNCIAS

GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Mecânica: Para ler, fazer e pensar. Leituras de Física, v. 2, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. v. 2, ed. 4, São Paulo: Blucher, 2002

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. SEARS & ZEMANSKY: Física II - Termodinâmica e Ondas. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. 2, 2008.

XAVIER, C.; BARRETO, B. Física aula por aula: Mecânica dos fluidos, termologia, óptica. São Paulo: FTD, v. 2, 1 ed., 2010

## APÊNDICE D.1 – Estudo Dirigido: Texto Instrucional 1 e respectivo Caderno de Atividades

### ESTUDO DIRIGIDO – Texto 1

Olá!

Esse é um material desenvolvido para o estudo sobre **flutuação dos corpos**. Este estudo dirigido é constituído por 2 textos instrucionais, acompanhados por seus respectivos cadernos de atividades. Nossa abordagem focaliza os conceitos físicos e a relação das variáveis envolvidas na constituição dos mesmos. Na medida do possível, os fenômenos estudados levarão em consideração aspectos do cotidiano. Desta forma, pretende-se que as relações entre os conceitos sejam extraídas das situações-problemas propostas a você, caro estudante.

Por fim, é importante lembrar que esse material será instrumento para realização de uma pesquisa que visa investigar a aprendizagem através de duas ferramentas pedagógicas de naturezas distintas. Uma delas é exatamente o **estudo dirigido**.

Então... Bom trabalho!

#### MECÂNICA DOS FLUIDOS

A **mecânica dos fluidos** se dedica a estudar tanto o comportamento dos fluidos em repouso quanto em movimento e as leis que regem este comportamento. Desta parte da Física, a **hidrostática** se limita aos fenômenos, leis e propriedades físicas que envolvem fluidos em repouso. O prefixo *hidro* significa “água” e a palavra *estática* se refere aos corpos em equilíbrio. Embora, a rigor, hidrostática signifique “estudo da água em equilíbrio”, o termo é generalizado para o estudo de qualquer fluido em equilíbrio.

Mas... O que é fluido mesmo?

Podemos definir **fluido** como uma substância que não tem forma própria, se deforma continuamente quando submetida a uma força e escoar facilmente. Tanto líquidos quanto gases possuem a propriedade de poderem escoar ou fluir facilmente, por isso, eles são classificados como fluidos.

Nesse primeiro estudo dirigido, começaremos a estudar duas grandezas físicas que influenciam no fenômeno de **flutuação dos corpos**, a primeira delas é comumente chamada por densidade.

Vamos começar?

## DENSIDADE



Será que existe sentido na ideia de Lila Dum?

Bem... Vamos começar a estudar os conceitos físicos que mais interferem no fenômeno da flutuação dos corpos, e um deles é a DENSIDADE.

Você já observou que quando fazemos arroz, a porção de óleo colocada na panela junto com a água fica flutuando sobre ela? Isso acontece porque o óleo é uma substância diferente da água e sua mistura é considerada heterogênea, ou seja, água e óleo se apresentam como um sistema constituído por duas fases.

Cada composto que forma a matéria possui propriedades diferentes, uma delas é denominada **densidade** ou **massa específica**. Este é um dos conceitos fundamentais no estudo dos fluidos, porém a densidade é uma grandeza que se define não somente para eles, mas também para os sólidos. Ou seja, a densidade é uma propriedade física da matéria que serve para identificar a substância e é aplicada a corpos em diferentes estados físicos da matéria, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos. É importante dizer que seu valor pode variar conforme o estado físico do material e da temperatura a qual ele estará exposto. Por exemplo, a água na forma líquida possui densidade distinta da água na forma sólida (gelo).

Algumas pessoas confundem o conceito de densidade com viscosidade! Mas é importante saber que são conceitos diferentes! **Viscosidade** é uma força de resistência ao movimento do fluido. Por isso, esse conceito está fortemente presente no estudo de fenômenos hidrodinâmicos (que não é o nosso caso, já que estamos estudando hidrostática).

Como substâncias diferentes apresentam densidades diferentes, é possível apresentar uma tabela em que estejam catalogados os valores referentes às densidades de substâncias distintas e compararmos tais valores para sabermos qual a substância é mais densa em relação à outra. A **Tabela 1** nos mostra os valores das densidades de algumas substâncias, em  $\text{g/cm}^3$ , a uma temperatura de  $15^\circ\text{C}$ .

**Tabela 1.** Densidades ( $\mu$ ) de algumas substâncias listadas em ordem alfabética.

SUBSTÂNCIA	$\mu$ ( $\text{g/cm}^3$ )
Água	1,00
Álcool	0,79
Alumínio	2,70
Ar	0,0013
Chumbo	11,3
Ferro	7,87
Isopor	0,01
Mercúrio	13,5

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES, PIQUEIRA e CARRON (2013) e PIETROCOLA et al. (2010)

**ATENÇÃO!** No seu caderno de atividades, faça a **Atividade 1**

A partir da análise realizada por você nesta primeira atividade, é possível dizer que:

- (i) A densidade é diretamente proporcional à massa;
- (ii) A densidade é inversamente proporcional ao volume;
- (iii) **quanto maior for a massa da substância por unidade de volume, maior será a densidade da substância.**

Logo, a partir da **Tabela 1**, considerando um cubo de arestas iguais a 1 cm, é possível dizer que caberá maior quantidade de chumbo do que isopor. Visto que para o mesmo volume de chumbo e isopor, a massa de isopor é muito menor que a massa de chumbo.

Em contrapartida, se consideramos um intervalo de temperatura em que a densidade da substância permaneça constante e tivermos dois corpos, A e B, constituídos da mesma substância, de massas iguais a  $m$  e  $2m$ , respectivamente, então, podemos dizer que os volumes ocupados por A e B são diferentes.

É possível demonstrar a afirmação acima da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \mu_A = \mu_B & \quad \rightarrow \quad m_A/V_A = m_B/V_B & \quad \rightarrow \quad m_A \cdot V_B = m_B \cdot V_A \\ & \rightarrow \quad m \cdot V_B = 2m \cdot V_A & \quad \rightarrow \quad 1 \cdot V_B = 2 \cdot V_A \\ & \quad \quad \quad \therefore \boxed{V_B = 2 V_A} \end{aligned}$$

Isto é, o volume do corpo B deverá ser o dobro do volume do corpo A.

Assim, **o volume ocupado pelo objeto deverá ser diretamente proporcional à massa do corpo no intervalo de temperatura em que a densidade se mantiver constante.**

Mas será que somente a substância que constitui o objeto é o único motivo para os corpos apresentarem diferentes densidades?

Se considerarmos a água, a diferença entre seu estado líquido e sólido (gelo) está nos valores de temperaturas a qual esta mesma substância é submetida. Esta diferença promove um fenômeno que resulta em distintos valores da densidade destes corpos. Deste modo, o gelo terá uma densidade diferente da água no estado líquido.

$$\mu_{\text{Gelo}} = 0,92 \text{ g/cm}^3$$

Outro exemplo de substância que podemos utilizar para ilustrar esse fato é o ar. Ele tem sua densidade alterada na medida em que é aquecido. Isto pode ser percebido a partir do uso de balões, ar condicionado e aquecedor.

Portanto, podemos enumerar, até agora, 2 condições que influenciam na densidade dos corpos: a substância que o constitui e o estado térmico em que este corpo está submetido.

**ATENÇÃO!** Em seu caderno de atividades, faça a **Atividade 2, 3** e expresse o que entendeu até agora solucionando as questões relativas à tarefa **SINTETIZANDO IDEIAS**, também presente no caderno de atividades.

Após ter feito as atividades propostas, concluímos a primeira parte deste estudo! Agora, abordaremos um segundo conceito físico: **pressão**. Esse conceito será tratado nos dois textos instrucionais que compõem o estudo dirigido, certo?

Vamos lá!

## PRESSÃO



A pergunta que intriga Lila Dum já foi feita por você?

Quando estamos imersos em fluidos sofremos ação de uma grandeza que, assim como a densidade, não está relacionada apenas aos fluidos, mas são essenciais para seu estudo: a pressão!

Vamos fazer um teste: pegue a sua caneta, escolha uma de suas extremidades e pressione-a sobre seu dedo polegar. Em seguida, com a outra extremidade, pressione-a com a mesma força. A sensação no seu polegar foi a mesma? Qual a diferença entre uma situação e a outra?

De maneira geral, a pressão é definida como a relação entre a força aplicada, perpendicularmente, sobre uma superfície e a área dessa superfície.

Ou seja,

$$p = F/A^{52}$$

em que  $p$  é a pressão exercida por uma força de intensidade  $F$  sobre uma superfície de área  $A$

Isto significa que **para uma força de mesma intensidade (variável constante), quanto maior a área, menor é o efeito produzido pela força**, e vice-versa.

<sup>52</sup> Note que estamos utilizando a letra  $p$  (minúscula) para designar “pressão”, enquanto a letra  $P$  (maiúscula) será utilizada para representar a força peso.

**ATENÇÃO!** No seu caderno de atividades, faça a **Atividade 4, 5 e 6**.

Um dos primeiros instrumentos de medida de pressão é o barômetro. No Sistema Internacional de Unidades, essa grandeza é medida em  $\text{N/m}^2$ , que também é denominada como Pascal (Pa). A **Tabela 2** relaciona alguns valores significativos de pressão.

**Tabela 2.** Pressão (p) que atua sob algumas situações.

SITUAÇÃO	p ( $\text{N/m}^2$ )*
Pressão no centro da Terra	$4,0 \cdot 10^{11}$
Pressão no interior de um pneu de automóvel	$2,0 \cdot 10^5$
Pressão atmosférica (nível do mar)	Aprox. $1,0 \cdot 10^5$
Pressão sanguínea máxima	$1,6 \cdot 10^4$
Pressão sanguínea mínima	$1,1 \cdot 10^4$

\*Equivalente a Pa (Pascal). **Fonte:** Adaptado de GASPAR (2011)

Nesta tabela, você pode observar que a **pressão atmosférica ao nível do mar** é, aproximadamente,

$$p_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

Isso quer dizer que se estivermos em lugares que estão acima ou abaixo do nível do mar a pressão atmosférica pode variar? Mas... O que é **pressão atmosférica**?

## PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Sabemos que a camada de ar que envolve a Terra é denominada atmosfera. Ela é composta por um conjunto de gases (como nitrogênio, oxigênio, gás carbônico, vapor d'água). As diversas moléculas desses gases são atraídas devido à força gravitacional, formando sobre os corpos presentes na superfície do nosso planeta uma espécie de "coluna de ar". Nesta espécie de coluna, partículas gasosas, por colisões nas mais variadas direções, exercem uma força sobre as superfícies com as quais tem contato. A razão entre essa força e a área da superfície de contato estabelece uma pressão: a **pressão atmosférica**.

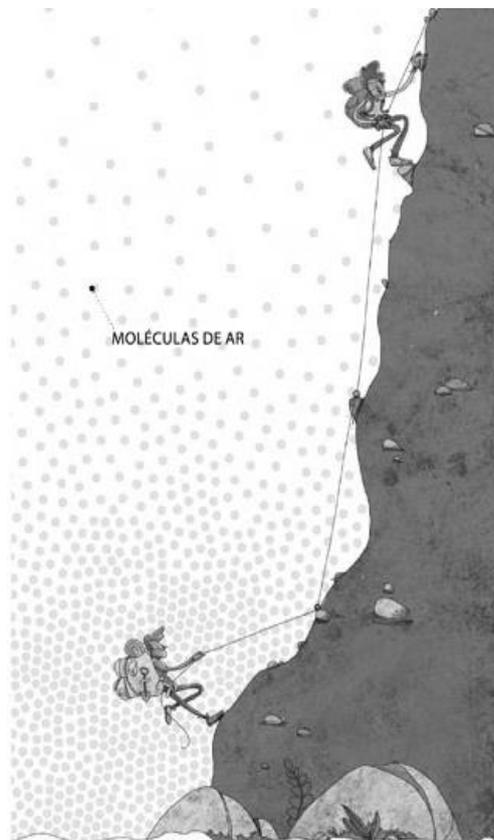
Mas... se a pressão atmosférica é exercida pelo ar que está sobre nós, então se tiver menos ar a pressão será menor? E se existe tanto ar sobre nós, por que não somos esmagados?

Vamos com calma! Uma pergunta de cada vez...

Sabemos que a atmosfera (essa camada de ar que envolve a Terra) não é uniforme. Quanto maior é a nossa altitude, menor é a pressão a que estamos submetidos, porque menor e mais rarefeita será a camada de ar sobre nós. Ou seja, a pressão atmosférica varia com a altitude.

Ao nível do mar, a pressão atmosférica é 1atm (aproximadamente,  $1 \cdot 10^5$  Pa), o que equivale a pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 760 mm de altura no barômetro (representada por 760 mmHg).

Não vamos nos ater a explicar o funcionamento de um barômetro, mas gostaríamos que você soubesse que é atribuído ao italiano Evangelista Torricelli, no século XVII, a comprovação da existência da pressão atmosférica e uma das primeiras tentativas de medi-la. Suas descobertas permitiram a criação dos primeiros barômetros!



Quando nos deslocamos de cidades localizadas ao nível do mar para outras regiões situadas acima deste nível, os efeitos da variação da pressão atmosférica podem afetar o funcionamento fisiológico do nosso organismo, podendo causar náuseas, dor de cabeça, cansaço, dentre outros, afinal somos obrigados a respirar mais vezes para obter a mesma quantidade de ar que nosso organismo estava habituado. Um dos sintomas comuns que se originam desta variação de pressão atmosférica é a variação de pressão arterial, visto que a pressão interna do nosso organismo está em equilíbrio com a pressão externa. Esse equilíbrio é a razão para não sermos esmagados por cerca de 10 toneladas de ar que está sobre nós!

Agora, vá até seu caderno de atividades, faça a **Atividade 7 e 8** e responda às questões do tópico **SINTETIZANDO IDEIAS**.

Lembre-se que ainda não concluímos nosso estudo sobre pressão... Continuaremos no próximo e último estudo dirigido!

Até lá!

## CADERNO DE ATIVIDADES 1

ESCOLA. \_\_\_\_\_

NOME. \_\_\_\_\_ SÉRIE/TURMA. \_\_\_\_\_

Olá!

Esse material foi desenvolvido para que você, caro estudante, possa registrar as atividades relativas ao Texto 1 do seu Estudo Dirigido. Escreva tudo o que você entende sobre cada uma das questões propostas! Elas são essenciais para avaliar a evolução do seu entendimento sobre os conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos.

Então... Bom trabalho!

**DENSIDADE**→ **PARA VOCÊ PENSAR E RESPONDER****Atividade 1.** Analise a unidade de medida relativa à densidade utilizada na **Tabela 1**.

(a) Quais são as grandezas físicas envolvidas nesta unidade de medida?

(b) A partir da unidade de medida presente na Tabela 1 do Texto 1 do Estudo Dirigido, qual a expressão matemática (ou seja, equação) que mostra a relação entre as grandezas envolvidas no conceito de densidade?

→ **PARA VOCÊ FAZER E RESPONDER****Atividade 2.** Simulando o Mar Morto em uma vasilha.

O Mar Morto, na verdade, é um lago de água salgada, localizado entre a Jordânia, Israel e a Cisjordânia. A densidade da sua água é  $1,350 \text{ g/cm}^3$ , maior que a água do mar que é, aproximadamente  $1,0345 \text{ g/cm}^3$ .

1. Em um recipiente, coloque água e, em seguida, um ovo fresco, sem quebrar, dentro deste recipiente.

(a) O que aconteceu com o ovo?

2. Agora, retire o ovo do recipiente e adicione sal. Depois, coloque o ovo fresco, sem quebrar, de volta ao interior do recipiente. Repita o procedimento até que o ovo flutue ao ser colocado no recipiente.

(b) Como você explicaria o fato do ovo flutuar na água com sal e não flutuar na água potável?

(c) “Misturas podem apresentar densidades diferentes das substâncias puras”. Julgue esta proposição em V, se for verdadeira, e F, se for falsa e justifique a sua resposta.

→ **PARA VOCÊ PENSAR E RESPONDER**

**Atividade 3.** Na culinária, uma das formas de testar se o ovo está viável ao consumo é coloca-lo num recipiente com água. Considerando que na atividade anterior, o ovo utilizado está fresco, isto é, bom para o consumo, responda o que se pede:

(a) O que você espera que aconteça com o ovo estragado quando este for posto no recipiente com água?

(b) Como você justifica o comportamento dos dois corpos quando imersos no fluido?

Muito bem! Estamos quase finalizando o primeiro conceito físico envolvido no fenômeno de flutuação dos corpos... Para isso, responda às questões abaixo.

→ **SINTETIZANDO IDEIAS**

A. O que você entendeu por densidade?

B. Retorne à nossa tirinha e a leia novamente. E então... Existe algum sentido na ideia de Lila Dum ao explicar a flutuação do navio? Justifique a sua resposta.

## PRESSÃO

→ **PARA VOCÊ PENSAR E RESPONDER**

**Atividade 4.** Analise a expressão matemática para o conceito de pressão apresentada anteriormente e exemplifique, no espaço abaixo, possíveis unidades de medida para essa grandeza.

**Atividade 5.** O faquir é identificado como um indiano islâmico que executa apresentações envolvendo grande resistência à dor. Um desses números está representado na figura ao lado. Se ao subir em um prego, provavelmente, teríamos nossa pele perfurada, como você explica o fato do faquir sentar numa cama de pregos e não se machucar?



**Atividade 6.** Por que quando afiamos uma faca, ela corta mais facilmente?

→ **PARA VOCÊ FAZER E RESPONDER**

**Atividade 7.**

1. De posse de uma garrafa com furos em uma de suas extremidades (garrafa 1), encha-a com água e tampe-a imediatamente. Somente depois de tampada, suspenda a garrafa segurando-se pela tampa, tomando cuidado para não apertá-la nas laterais. O que aconteceu?

2. Agora, destampe a garrafa lentamente. Houve alguma mudança após ter sido retirada a tampa? Como você explica essa mudança?

**Atividade 8.** Para o próximo encontro, construa uma lista de situações que você vivencia e que acredita ter relação com a pressão atmosférica.

→ **SINTETIZANDO IDEIAS**

C. Com o que você estudou até aqui, expresse, com suas palavras, o que entendeu por pressão?

D. Retorne à nossa tirinha e a leia novamente. Considerando o que você entendeu até aqui, se você fosse a mãe de Lila Dum, como responderia a ela?

## APÊNDICE D.2 – Estudo Dirigido: Texto Instrucional 2 e respectivo Caderno de Atividades

### ESTUDO DIRIGIDO – Texto 2

Olá!

Este é o nosso segundo e último estudo dirigido que compõe um material desenvolvido especificamente para abordar o fenômeno de **flutuação dos corpos**. Assim como o estudo dirigido anterior, ele deverá focalizar conceitos físicos envolvidos na flutuação dos corpos e a relação das variáveis envolvidas na constituição dos mesmos. Na medida do possível, serão considerados aspectos do cotidiano numa tentativa de aproximar tais eventos da sua realidade. Desta forma, pretende-se que as relações entre os conceitos sejam extraídas das situações-problemas propostas a você.

Lembre-se que esse material será instrumento para realização de uma pesquisa que visa investigar a aprendizagem através de duas ferramentas pedagógicas de naturezas distintas. Uma delas é exatamente o **estudo dirigido**.

Então... Bom trabalho!

Lembra-se da tirinha que iniciamos o estudo sobre pressão? Olha ela aí!



Acredito que você possa ter pistas sobre como responder a pergunta que Lila Dum fez! Mas, talvez... Talvez ainda não tenha condições de respondê-la conforme a concepção científica. Nos próximos tópicos, estudaremos leis que regem o comportamento no interior de fluidos, em particular, dos líquidos. Esperamos que com isso você possa formular uma explicação mais consistente para responder a Lila, ok?

Vamos começar?

## PRESSÃO NO INTERIOR DE UM LÍQUIDO EM REPOUSO

Este estudo se limita aos fluidos em equilíbrio. Neste caso, ao equilíbrio estático, isto é, em repouso. Por isso, trata de fenômenos que se enquadram na hidrostática.

Quando mergulhamos um objeto em um fluido, este fluido exerce pressão em todos os lados (ou seja, em todas as direções) devido a forças de contato.

Mas... Para você, essa pressão deve aumentar ou diminuir na medida em que aumentamos a profundidade?

Bem... Tente pensar na seguinte situação: Imagine que você é aluno de um curso de mergulho e que fará seu primeiro treino em um tanque profundo. Após toda a preparação, você salta e mergulha rumo ao fundo deste tanque. A partir de certo instante, seu ouvido começa a doer, o que indica que é hora de voltar à superfície. Seu ouvido doeu por causa da pressão exercida pela coluna de água sobre você. Então, é possível concluir que quanto maior a profundidade, maior a coluna de água sobre o objeto, o que proporciona uma maior pressão.

Através dessa discussão, podemos mostrar que a pressão exercida pelo fluido é dada por

$$p = \mu gh^{53}$$

em que  $p$  é a **pressão no interior do fluido**,  $\mu$  é a **densidade do fluido**,  $g$  é o **módulo da aceleração da gravidade** e  $h$  é a **profundidade ou altura da coluna de fluido** sobre o objeto.

DEMONSTRAÇÃO: Seja  $F$  como sendo o módulo da força aplicada perpendicularmente à área de contato  $A$ .

$$p = F/A \rightarrow F = \text{peso do fluido} = mg \text{ (massa do fluido} \times \text{aceleração da gravidade)}$$

$$\text{Portanto,} \quad p = mg/A \quad (1)$$

Empregando a definição de densidade, temos que

$$m = \mu V \text{ em que } \mu \text{ é a densidade do fluido e } V \text{ é o volume ocupado}$$

$$\text{Logo,} \quad p = \mu Vg/A. \quad (2)$$

$$\text{Sendo volume da coluna de fluido dado por } V = A.h, \text{ temos } V/A = h \quad (3)$$

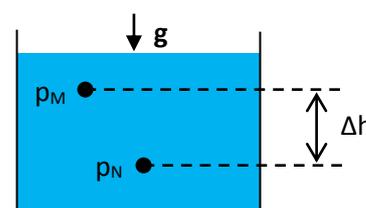
<sup>53</sup> Lembre-se que estamos adotando  $p$  (letra minúscula) para representar “pressão”

Portanto, substituindo a equação (3) em (2), podemos mostrar que a equação que determina a pressão efetiva (ou hidrostática) exercida exclusivamente pela camada de fluido sobre certo ponto situado a uma profundidade  $h$  é  $p = \mu gh$ .

Note que esta expressão despreza efeitos devido à pressão atmosférica. Se considerarmos uma região que a pressão atmosférica ( $p_0$ ) transmitida até um ponto de profundidade ( $h$ ) e o módulo da aceleração da gravidade é  $g$ , a pressão ( $p$ ) em um líquido de densidade ( $\mu$ ), é calculada a partir da **equação fundamental da hidrostática** dada por

$$p = p_0 + \mu gh$$

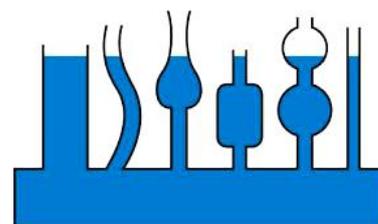
De modo geral, sendo dois pontos quaisquer M e N localizados no interior de um líquido homogêneo (isto é, que tem sempre a mesma densidade) em equilíbrio, em que  $\Delta h$  é a diferença de nível (ou seja, altura) entre esses pontos ( $\Delta h = h_M - h_N$ ), pode-se demonstrar que a variação de pressão ( $\Delta p$ ) entre esses dois pontos é  $\Delta p = \mu g \Delta h$



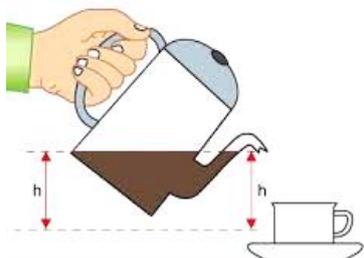
Essa expressão é conhecida como a **Lei de Stevin** e pode ser enunciada da seguinte forma: **A diferença de pressão entre dois pontos no interior de um líquido em repouso é igual ao produto da densidade desse líquido pelo módulo da aceleração da gravidade local e pelo desnível vertical entre esses dois pontos.**

**ATENÇÃO!** Em seu caderno de atividades, faça as **atividades 9 e 10.**

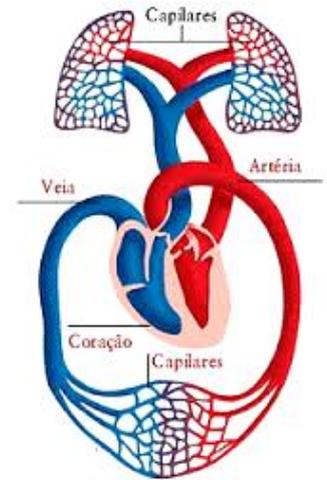
Uma aplicação oriunda dessa discussão está presente no estudo sobre **vasos comunicantes**, representados na figura abaixo. Observe que eles correspondem a um conjunto de recipientes que podem ter formas e capacidades distintas que se comunicam pelas bases.



Uma pergunta que você pode se fazer é se sistemas como estes existem no nosso dia-a-dia... Bem... Um bule é um sistema de vasos comunicantes em que o bico do recipiente se comunica com o corpo principal. Ao tomarmos um bule para servir um café, por exemplo, a superfície livre da bebida fica à mesma altura  $h$  em relação à linha de referência do sistema, tanto no bico como no corpo principal, apresentando-se plana e horizontal, conforme a figura.



Outro exemplo de vasos interligados são os vasos sanguíneos. O sistema cardiovascular humano é fechado, ou seja, o sangue circula continuamente dentro dos vasos sanguíneos executando o trajeto: coração – artérias – capilares – veias - coração. Sabe-se que cada vaso sanguíneo tem diâmetro diferente. A pressão exercida pelo sangue sobre as paredes internas das artérias é denominada de pressão arterial. Em média, para pessoas saudáveis, a pressão sanguínea atinge o valor máximo de 120 a 130 mmHg (isto significa, uma coluna de mercúrio de 120 a 130 mm de altura) e o valor mínimo é de 80 a 90 mmHg. Vale destacar que estes valores correspondem à pressão efetiva. Ou seja, a pressão sanguínea máxima absoluta equivale a 880 ou 890 mmHg.



Se vocês lembrarem, a pressão atmosférica equivale a 1 atm = 760 mmHg. Então, como a pressão sanguínea absoluta é maior que a pressão externa (atmosférica), isso explica o fato de, ao sofrermos um corte, o sangue escorrer para fora do nosso corpo!

Considerando o sangue um líquido homogêneo (ou seja, todo o fluido apresenta a mesma densidade), qualquer variação da pressão arterial é transmitida a todos os pontos do sangue.

De algum modo, essa interpretação é consequência do **princípio de Pascal**. Tal princípio estabelece que **o acréscimo de pressão em um ponto de um fluido em equilíbrio é transmitido integralmente para todos os outros pontos desse fluido e para as paredes do recipiente no qual ele está contido**.

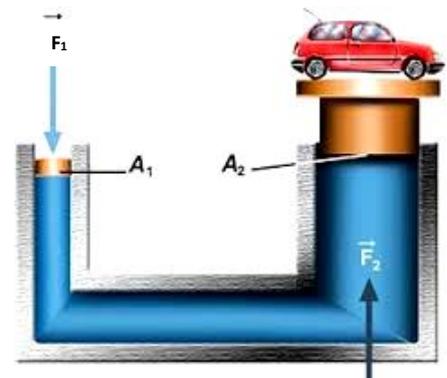
Isto implica que, sendo dois pontos 1 e 2 de um líquido em equilíbrio, a variação de pressão sofrida no ponto 1 deve ser a mesma que em um ponto 2. Ou seja,

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

Duas aplicações desse princípio no cotidiano podem ser apresentadas:

(i) Prensa Hidráulica

A prensa hidráulica é um sistema amplamente utilizado em elevadores, a exemplo do Elevador Lacerda – localizado na cidade de Salvador, Bahia - e em oficinas automotivas para elevar os automóveis. Ela tem a função de multiplicar forças através de um tubo de área menor  $A_1$  (entrada), ligado a outro tubo com área maior  $A_2$  (saída). Este vaso comunicante é preenchido por um fluido



(normalmente, óleo) por onde é transmitido o aumento da pressão produzido no pistão 1<sup>54</sup> por todo o fluido até que atinja o pistão 2.

Pelo teorema de Pascal,  $F_1/A_1 = F_2/A_2$

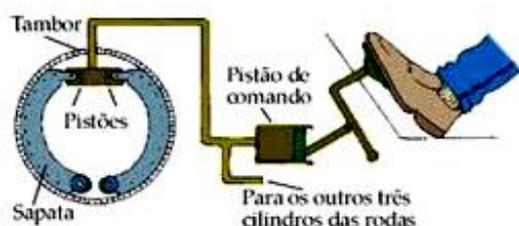
Isso significa que a força de saída  $F_2$  sobre o pistão em  $A_2$  é maior do que a força de entrada  $F_1$ , se  $A_2 > A_1$ . Sendo o volume de líquido deslocado com a variação de pressão dado por  $V = A \cdot d$ , em que  $d$  é o deslocamento do líquido, temos

$$F_1/A_1 = F_1/(V_1/d_1) = (F_1 \cdot d_1)/V_1 \text{ e } F_2/A_2 = F_2/(V_2/d_2) = (F_2 \cdot d_2)/V_2$$

Como o líquido é incompressível,  $V_1 = V_2$ , então,  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$

Resumindo, para manter a igualdade, a força de maior valor corresponde a um menor deslocamento e a força de menor valor corresponde a um maior deslocamento.

#### (ii) Freio de automóvel



O freio de automóvel também funciona como uma prensa hidráulica. Ao acionar o freio, o pistão de comando empurra o óleo da tubulação que acaba comprimindo as sapatas contra o tambor das rodas.

Você deve ter notado que pressão é um conceito muito presente nas nossas vidas... Está envolvido desde em setores como construção civil (na construção de hidrelétricas, por exemplo), medicina e indústria automotiva até na escolha da espuma do colchão que você dorme, na panela de pressão (como o próprio nome sugere) ou na ingestão de bebidas com canudos. Pois é!

Você sabia que para sorver líquido por meio de um canudinho, sugamos o ar que existe no canudo e o resto é efeito da pressão atmosférica? A pressão atmosférica que atua sobre a superfície do líquido, empurra o líquido contido dentro do canudo para cima, isto é, para sua boca.

E é claro! Você já deve ter percebido que o questionamento de Lila Dum tem relação com esse conceito e as leis vinculadas a ele... Então, vamos sintetizar ideias!

**ATENÇÃO!** Em seu caderno de atividades, expresse o que entendeu até agora solucionando as questões relativas à tarefa **SINTETIZANDO IDEIAS**.

Pronto! Concluimos o estudo sobre o segundo conceito físico envolvido no fenômeno de flutuação de corpos. Agora, só falta mais um conceito: o Empuxo. Ânimo!

<sup>54</sup> Pistão 1 está situado na superfície do tubo esquerdo e o pistão 2, na superfície do tubo direito.

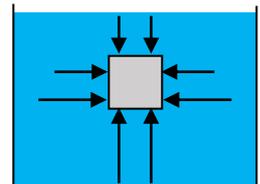
## EMPUXO

LILA DUM - #3 - BY MADAYA



Você já percebeu que quando estamos nadando, boiando ou mergulhando, nosso corpo parece ficar mais leve? Isso ocorre porque a água exerce uma força vertical de baixo para cima, denominada **empuxo**. Ela é a mesma força que equilibra o peso de um navio permitindo que ele flutue. Na verdade, essa força se faz presente em qualquer fluido, ou seja, corpos, quando imersos (total ou parcialmente) em água, ar ou outros fluidos (gases ou líquidos) sofrem ação dessa força de fundamental importância na compreensão de fenômenos hidrostáticos.

Mas... Qual a origem dessa força? Bem... Quando um objeto é mergulhado em um fluido, ele é pressionado por todos os lados por forças de contato. Os pontos que se encontram à mesma altura apresentam a mesma intensidade de pressão. De acordo com a figura, é possível notar que a pressão no interior do fluido aumenta com o aumento da profundidade (conforme vimos anteriormente,  $p = \rho gh$ ). Desta forma, o objeto suporta maior pressão na parte que estiver mais profunda (base inferior do objeto) e menor pressão na parte que estiver menos profunda (base superior do objeto).



Horizontalmente, as pressões, ponto a ponto, tendem a anular seus efeitos. Deste modo, a diferença de pressão na parte superior e inferior do objeto causa essa força resultante vertical de baixo para cima.

Tais descrições foram realizadas por Arquimedes de Siracusa (século III a.C.), em uma situação inusitada. Ao estudar fenômenos que envolvem flutuação dos corpos, ele enunciou aquele que conhecemos como **princípio de Arquimedes**<sup>55</sup>:

**Todo corpo imerso total ou parcialmente num fluido sofre a ação de uma força – denominada empuxo (ou impulsão de Arquimedes) – sempre dirigida verticalmente para cima, cujo módulo é igual à intensidade do peso do volume do fluido deslocado pelo corpo.**

Matematicamente, esse princípio pode ser escrito da seguinte forma:

$$E = P_{fd}$$

em que  $P_{fd}$  é o peso do fluido deslocado e  $E$  é o empuxo

$$P_{fd} = m_{fd} \cdot g \rightarrow m_{fd} = \mu_f \cdot V_d \rightarrow \therefore P_{fd} = \mu_f \cdot V_d \cdot g$$

para  $m_{fd}$  como a massa do fluido deslocado,  $g$  é o módulo da aceleração da gravidade,  $\mu_f$  é a densidade do fluido e  $V_d$  é o volume deslocado

Logo, o módulo do empuxo é dado por

$$E = \mu_f \cdot V_d \cdot g$$

**ATENÇÃO!** Responda a **atividade 11** em seu caderno de atividades.

Note que, de acordo com o princípio de Arquimedes, não nos interessa para o módulo do empuxo, explicitamente, o peso do objeto, mas sim, o peso do volume de fluido deslocado. Pela equação do empuxo, vemos que seu valor será tanto maior quanto maior a densidade do líquido e quanto maior o volume do líquido deslocado, ou seja, quanto maior a parte do corpo que se encontra submersa.

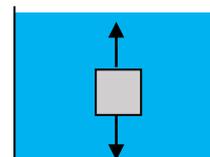
Para você entender melhor, considere o seguinte raciocínio: Suponha duas esferas de mesmo volume - a bolinha A é constituída de isopor, e a bolinha B de ferro maciço. Agora, vamos mergulha-las no mesmo líquido, água, por exemplo. Essas bolinhas recebem empuxos iguais, correto? Afinal, elas deslocam a mesma porção de fluido porque seus volumes são iguais. Porém, se abandonarmos as bolinhas ao mesmo tempo, B afundará (tendo em vista que possui peso maior), enquanto que A, bem mais leve, flutuará na superfície do líquido.

<sup>55</sup> Embora Arquimedes tenha formulado esse princípio para água, ele é válido para qualquer fluido!

Isso significa que, como Lila Dum afirmou, condições específicas determinam se um corpo flutua ou afunda. A partir de três situações, vamos analisar o que acontece quando um corpo de densidade  $D$  é mergulhado totalmente em um líquido de densidade  $\mu$ . Considere, para isso, que apenas duas forças atuam sobre o corpo: Empuxo ( $\mathbf{E}$ ) e Peso do corpo ( $\mathbf{P}_c$ )<sup>56</sup>.

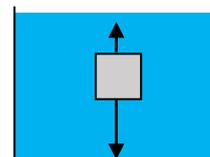
- **Situação 1.** Quando o módulo do empuxo é igual ao módulo do peso do corpo:  $E = P_c$

Neste caso, o corpo permanece em equilíbrio em qualquer posição, pois a força resultante é nula. Deduzimos, então, que a densidade do corpo é igual que a densidade do líquido. Ou seja,  $D = \mu$ .



- **Situação 2.** Quando o módulo do empuxo é menor que o módulo do peso do corpo:  $E < P_c$

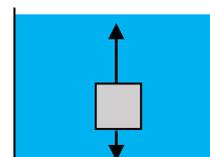
Nesse caso, o objeto irá para o fundo do recipiente, pois a força resultante terá sentido para baixo. Deduzimos, então, que a densidade do corpo é maior que a densidade do líquido. Ou seja,  $D > \mu$ .



Como a força resultante é diferente de zero, o movimento descendente realizado pelo corpo é acelerado. Ao chegar no fundo do recipiente, a força normal passará também a atuar sobre o objeto e ele ficará em equilíbrio.

- **Situação 3.** Quando o módulo do empuxo é maior que o módulo do peso do corpo:  $E > P_c$

Nesse caso, o objeto se moverá para a superfície do fluido, pois a força resultante terá sentido para cima. Deduzimos, então, que a densidade do corpo é menor que a densidade do líquido. Ou seja,  $D < \mu$ .



À medida que o objeto for emergindo na superfície, o volume de fluido deslocado torna-se menor, visto que se reduz o volume do corpo submerso. Isso provoca uma diminuição no módulo do empuxo até que este valor seja igual ao módulo da força peso. Nesse momento, o corpo passa a flutuar em equilíbrio.

A maioria dos peixes afunda e flutua nos oceanos, rios e lagos devido à uma vesícula gasosa (a bexiga natatória) por meio da qual variam o seu volume e conseqüentemente sua densidade média.

<sup>56</sup> Note que estamos utilizando aqui a letra em negrito para representar as grandezas vetoriais – empuxo e peso do corpo.

**ATENÇÃO!** No caderno de atividades, responda as **atividades 12 e 13**

Como vimos, é devido ao empuxo que parecemos estar mais leves quando estamos mergulhando, por exemplo. Nesse caso, o peso que parecemos ter pode ser chamado de **peso aparente** ( $P_A$ ) e é expresso a partir da diferença entre os módulos do peso real ( $P_R$ ) e empuxo ( $E$ ). Isto é,

$$P_A = P_R - E$$

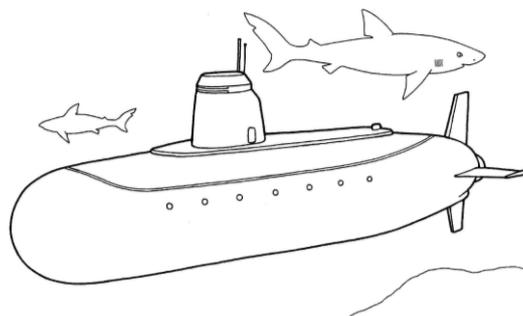
**ATENÇÃO!** Com base nessa expressão, responda a **atividade 14** e, em seguida, expresse o que entendeu até agora solucionando as questões relativas à tarefa **SINTETIZANDO IDEIAS**, em seu caderno de atividades.

Parabéns! Finalizamos o estudo sobre flutuação de corpos. Espero que este material sirva como motivação para você se aventurar em descobrir mais sobre a hidrostática, a Mecânica de fluidos e sobre a Física em geral... Saiba que essa discussão é apenas como a pontinha do *iceberg* que flutua sobre um mar de conhecimento!

## CURIOSIDADE

Conhecendo um pouco sobre mecanismo de flutuação do submarino...

A capacidade de flutuar do submarino ocorre devido ao peso da água deslocada, que é igual ao peso da embarcação. O deslocamento de água cria uma força chamada empuxo ou “força de flutuação”, que age sobre a embarcação com sentido oposto à gravidade que a puxa para baixo. O submarino pode controlar a sua flutuação, podendo afundar e emergir conforme necessário.



Para ajudá-lo em sua movimentação, ele conta com tanques de lastro ou balanceamento, que podem, alternadamente, receber água ou ar. Adicionalmente, o submarino possui um conjunto móvel de curtas "asas" chamadas hidroplanos, posicionados de forma a permitir que a água se mova sob a popa, fazendo-a mover-se para cima, deslocando-o, dessa maneira, para baixo. O submarino pode ainda se mover na água usando o leme da cauda para virar a estibordo (direita) ou a bombordo (esquerda); e os hidroplanos para controlar o ângulo de proa à popa.

## Caderno de Atividades 2

ESCOLA. \_\_\_\_\_

NOME. \_\_\_\_\_ SÉRIE/TURMA. \_\_\_\_\_

Olá!

Esse material foi desenvolvido para que você, caro estudante, possa registrar as atividades relativas ao Texto 2 do Estudo Dirigido. Escreva tudo o que você entende sobre cada uma das questões propostas! Elas são essenciais para avaliar a evolução do seu entendimento sobre os conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação dos corpos.

Então... Bom trabalho!

**PRESSÃO NO INTERIOR DE UM LÍQUIDO EM REPOUSO**→ **PARA VOCÊ FAZER E RESPONDER**

**Atividade 9.** De posse de uma garrafa com 3 furos, aproximadamente iguais, distribuídos verticalmente em sua parede (garrafa 2), cubra os furos com os dedos e peça ao seu colega para encher a garrafa com água. Quando a garrafa estiver cheia, retire os dedos dos furos e observe se os jatos de água que saem tem o mesmo comportamento. Eles têm o mesmo alcance? Qual deles parece ser o mais “forte”? Justifique a sua resposta.

→ **PARA VOCÊ PENSAR E RESPONDER**

**Atividade 10.** Considere a Lei de Stevin. Tomando um fluido em equilíbrio, pontos que estejam em uma mesma altura (isto é, num mesmo nível) suportam pressões diferentes? Justifique a sua resposta.

→ **SINTETIZANDO IDEIAS**

E. Com o que você estudou até aqui, com suas palavras, o que você entendeu por pressão?

F. Retorne à nossa tirinha e a leia novamente. Se você fosse a mãe de Lila Dum, como responderia a ela?

## **EMPUXO**

→ **PARA VOCÊ PENSAR E RESPONDER**

**Atividade 11.** Vamos pensar sobre a ideia de volume de fluido deslocado. Considere um bloco de gelo que flutua na água. O que acontecerá com o nível da água quando o bloco derreter? Justifique.

**Atividade 12.** O que você acha que ocorrerá com o peixe caso ele esvazie e depois encha a bexiga natatória? Descreva as situações explicitando o que ocorrerá em relação ao volume do peixe, sua densidade, o volume de líquido deslocado e o empuxo.

**Atividade 13.** Quando uma pessoa está boiando na água, seu corpo flutua mais facilmente com os pulmões vazios ou cheios de ar? Justifique a sua resposta

**Atividade 14.** Se você subisse em uma balança dentro de uma piscina e fora dela, o marcador da balança não deveria indicar o mesmo valor para as duas situações, correto? Em qual situação (dentro ou fora da piscina) deveria marcar a maior indicação? Por que?

→ **SINTETIZANDO IDEIAS**

G. O que você entendeu por empuxo?

H. Quais seriam, para você, as “condições específicas” que Lila Dum se refere em nossa tirinha sobre Empuxo?

## APÊNDICE E– Kuank: uma aventura em diferentes mundos – Uma breve descrição sobre o jogo didático

**Kuank** é um jogo didático elaborado estritamente com o propósito de auxiliar a professores e estudantes do Ensino Médio no processo de ensino-aprendizagem de conceitos físicos envolvidos no fenômeno de Flutuação dos corpos.

Sua concepção tem origem em um jogo eletrônico, de mesmo nome, que se constituía como ferramenta didática deste projeto de pesquisa até meados do ano de 2015. Como esta versão digital ainda não havia sido concluída neste período, por limitação de tempo do curso de doutorado e de recursos financeiros, optamos por adaptá-la para um jogo de tabuleiro, haja vista a retomada dos *Board Games* no mercado nacional e internacional a partir de 2015.

Abaixo, seguem informações sobre este recurso didático que acreditamos ser potencial ferramenta, com aporte em *Game-Based Learning*, para ensino de conteúdos sobre Flutuação.

### ❖ Sinopse

**Kuank: uma aventura em diferentes mundos** é um jogo didático voltado para o ensino de Hidrostática. Ele deve ser jogado por 2 ou 3 estudantes compondo um ambiente lúdico de aprendizagem. Você está convidado para ser um desses jogadores e embarcar nessa jornada em que salvar Dr. Float é sua principal missão. Então, vamos lá! E desfrute dessa aventura cheia de desafios!

### ❖ Componentes do jogo<sup>57</sup>

Este material didático é composto por:

- 1 Tabuleiro
- 3 pinos coloridos;
- 1 dado;
- 4 cartões de "Desafio"
- 27 cartões de perguntas e respostas "Explique por que";
- 33 cartões de perguntas e respostas "Diga o que é";
- kit 1: 1 plataforma, 10 bexigas;

<sup>57</sup> Embora façam parte deste protótipo, ovo e plataforma são dois componentes que não estão inclusos no interior da embalagem do jogo por uma questão espacial e de cuidado às demais peças.

- kit 2: 1 ovo, 1 colher, 1 recipiente, 1 vasilha com sal
- kit 3: 5 vasilhas com líquidos diferentes, 1 seringa, 1 recipiente
- kit 4: 1 massinha de modelar, 1 recipiente

Você também pode precisar de papel, lápis ou caneta e cronômetro para estabelecer o tempo de resposta de seu oponente.

#### ❖ **Preparação para o jogo**

1. Verifique se o jogo está completo.
2. Uma disputa de dados definirá quem será o primeiro a jogar. Quem tirar o maior valor inicia o jogo. O jogador à esquerda será o próximo e assim por diante.
3. Organize as cartas “Explique por que” e “Diga o que é” no tabuleiro. Deve ser combinado entre os participantes se estas cartas serão sorteadas ou retiradas na ordem da pilha. Os envelopes de “Desafios” também devem ser dispostos no tabuleiro.
4. No jogo, após ler cada pergunta em voz alta, o jogador terá no máximo 45 segundos para responder.
5. Um tempo máximo para a realização do jogo deverá ser determinado antes da partida iniciar.

#### ❖ **Regras do jogo**

1. Jogue o dado e avance a quantidade de casas indicadas no dado.
2. No jogo, você poderá realizar 3 tipos de tarefas: “Explique por que”, “Diga o que é” ou executar os “Desafios”. Ao utilizar uma carta “Explique por que” ou “Diga o que é”, tanto a pergunta quanto a sua respectiva resposta não poderão ser reutilizadas na partida. Os desafios sempre serão devolvidos ao jogo.
3. Para cada resposta correta às perguntas “Explique por que” ou “Diga o que é”, você poderá escolher entre “Vale peça” ou “Vale anel”.
  - O “Vale anel” será útil para viajar de um mundo para outro. Isto se dará se o jogador atingir qualquer casa do novo mundo e tiver acumulado 3 anéis. Ao longo do jogo, o jogador viajará entre 4 mundos sinalizados no tabuleiro.
  - O “Vale peça” permitirá que o jogador realize os “Desafios”. Para cada “Desafio”, há um kit a ser comprado. Cada kit precisa de uma quantidade específica de “Vale peças”.

4. Caso você não tenha acumulado “Vale anéis” para mudar de mundo, ou não tenha juntado “Vale peças” suficientes para realizar um “Desafio”, tome fôlego e retorne ao início do mundo em que você está.
5. Quando alcançar uma casa D (Desafio), o jogador deverá sortear um dos 4 desafios. Se tiver o número de peças necessário para executar o desafio sorteado e conseguir resolvê-lo corretamente, receberá 4 “Vale anéis”.
6. O “Desafio” deve ser inédito para o jogador:
  - Caso você pegue um “Desafio” repetido, devolva a carta e retire o envelope seguinte;
  - Se um “Desafio” já resolvido corretamente por outro jogador for pego, então troque-o por uma carta “Explique por que”. Caso seja respondida corretamente, o jogador ganhará 2 “Vale anéis”.
    - No caso de você pegar um “Desafio” que já foi pego por outro jogador, mas que não tenha sido realizado corretamente, então você poderá resolvê-lo, seguindo as regras já estabelecidas.
7. O jogo terminará quando um dos jogadores completar a trilha ou quando o tempo disponível para o jogo se esgotar. Neste último caso, o vencedor será aquele que tiver avançado mais. Havendo empate, vencerá aquele que possuir mais “Vale anéis”.

### ❖ Programação visual do Jogo Didático

- **Embalagem para o Jogo Didático**



**Figura 11.** Etiqueta produzida para a face superior da caixa



Figura 12. Etiqueta produzida para face lateral da caixa – Marca



Figura 13. Etiqueta produzida para face lateral da caixa – Sinopse do Jogo Didático



Figura 14. Etiqueta produzida para face lateral da caixa – Componentes e preparação para o jogo

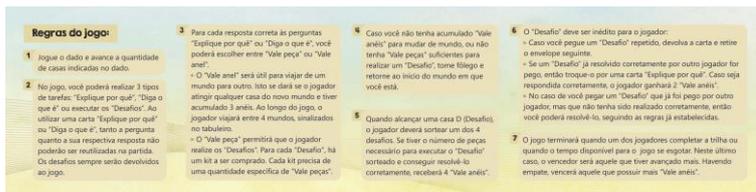


Figura 15. Etiqueta produzida para face lateral da caixa – Regras do jogo

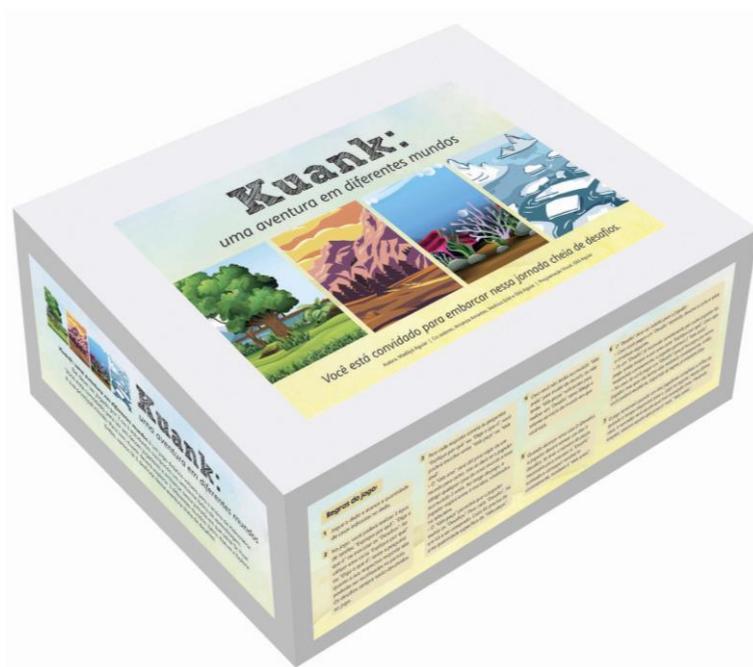


Figura 16. Aplicação das etiquetas produzidas na caixa do jogo

○ **Cartões de recompensa**



Figura 17. Layout do “Vale Anel” (imagem à esquerda) e “Vale Peça” (imagem à direita)

○ **Exemplo dos rótulos de componentes presentes nos Kits dos Desafios**



Figura 18. Layout dos rótulos de elementos que compõem os kits dos Desafios e exemplo de etiqueta de identificação de um dos Desafios (Desafio 02)

○ **Tabuleiro**



Figura 19. Imagem do tabuleiro do jogo **Kuank: uma aventura em diferentes mundos**

○ **Cartões de tarefas**



(a)

(b)

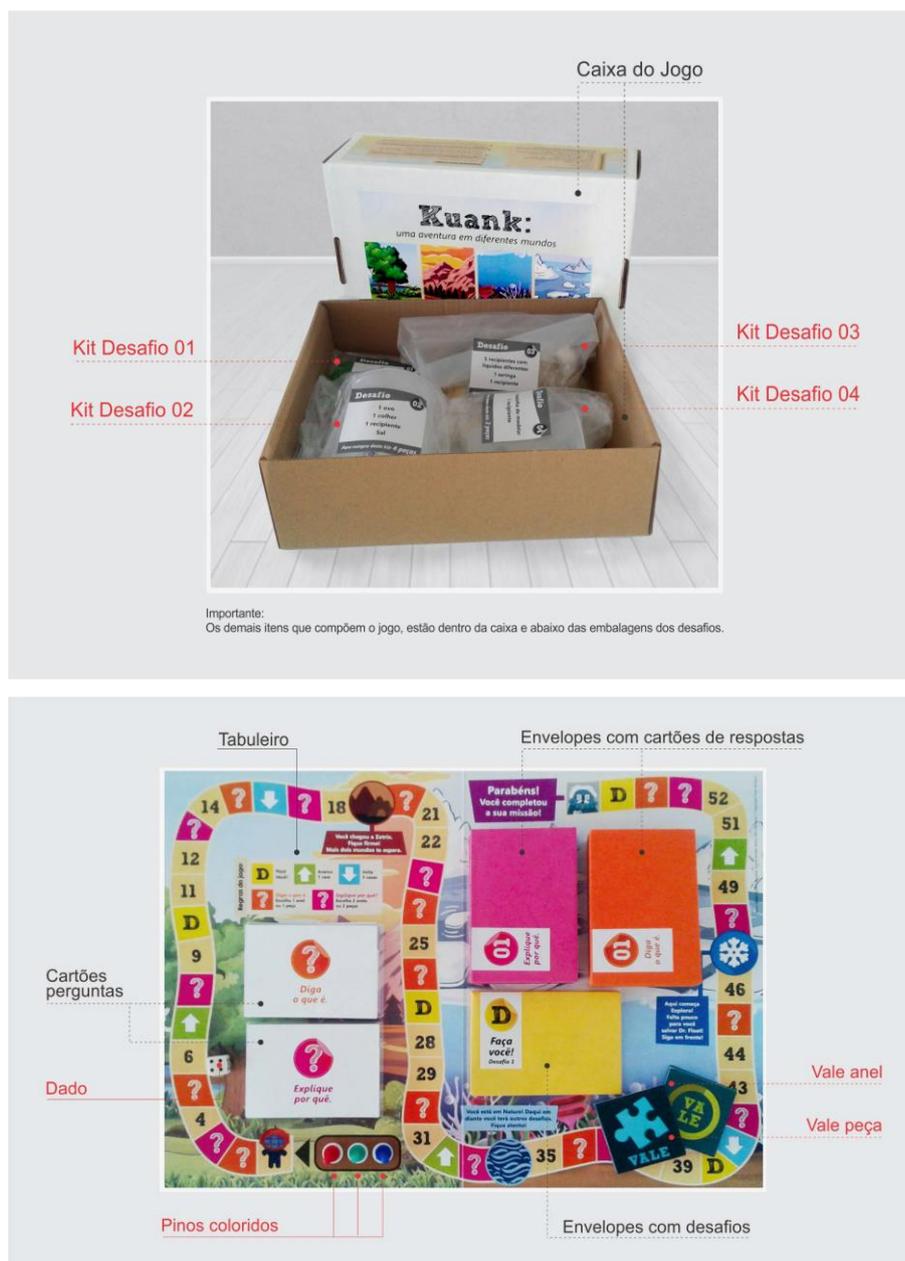


(c)

Figura 20. Layout dos cartões das tarefas: (a) Desafios; (b) perguntas e respostas do tipo “Explique por que”; perguntas e respostas da tarefa “Diga o que é”

- **Compilação dos elementos que constituem o jogo**

Na **Figura 21** são apresentados os componentes do jogo didático, exceto a plataforma (uma placa de fibra de média densidade – MDF - com 1,5 cm de espessura, 75 cm de comprimento e 40 cm de largura) que integra o Desafio 1 e o ovo que faz parte do kit que compõe o Desafio 2.



**Figura 21.** Distribuição dos elementos que compõem o jogo **Kuank: uma aventura em diferentes mundos** com exceção da (\*) plataforma e do (\*\*) ovo.

**APÊNDICE F.1 – Teste de conhecimento 1**

Instituição de Ensino. \_\_\_\_\_

QUESTIONÁRIO | 1

Nome. \_\_\_\_\_

Data. \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Série. \_\_\_\_\_ Turma. \_\_\_\_\_

**ATENÇÃO!**

1. Este questionário é composto por **questões de três tipos**: abertas, de verdadeiro ou falso e questões de múltipla escolha.
2. **Descreva o máximo que puder** seu entendimento quando a questão for aberta.
3. Em cada item existe um quadro do tipo **[MS][ S ][ N ][ I ][MI]** para que você **avalie o grau de segurança** que você teve ao responder.
4. Marque um X em **“Muito Seguro” (MS)** quando você tiver total segurança sobre a exatidão da resposta dada, **“Seguro” (S)** quando estiver certo sobre a resposta, mas com algum elemento de dúvida em relação ao que respondeu, **“Neutro” (N)** quando não souber avaliar sua segurança, **“Inseguro” (I)** quando julgar que a resposta pode ou não estar correta e **“Muito Inseguro” (MI)** quando não souber julgar a exatidão do que respondeu.

**Vamos começar!**

A1. Por que boiamos quando estamos na posição horizontal (paralelo à superfície do líquido), e afundamos na posição vertical (perpendicular à superfície do líquido)?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

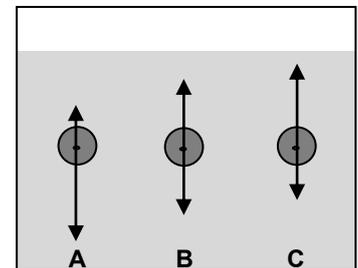
VF11. (Adaptado de UFMT) Ao projetar o sistema de fornecimento de água de uma cidade, um técnico tem que dimensionar as caixas d’água de cada bairro, levando em conta as leis da Física. Acerca da maneira mais adequada de desenvolver tal projeto, julgue cada item com V, se for verdadeiro, e F, se for falso.

(a) ( ) A pressão aumenta em andares mais altos quando a caixa d’água é posta no topo de um edifício. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) ( ) Caixas d’água de diferentes formatos apresentam diferenças quanto a eficiência do fornecimento de água. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(c) ( ) Nos andares mais baixos a água jorra com maior pressão que nos andares mais altos de um edifício em que a caixa d’água está em seu topo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A13. A Lei de Arquimedes estabelece que um corpo imerso em um fluido recebe uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Esta força é denominada empuxo. Na figura, considere que atuam sobre cada esfera apenas as duas forças indicadas pelos vetores: o peso do objeto (uma força vertical e para baixo, cujo módulo é dado por  $P = mg$ ) e o empuxo (uma força vertical e para cima, cujo o módulo é dado por  $E = \mu gV$ ). Suponha que estas três esferas A, B e C estejam, inicialmente, fixas e sejam soltas simultaneamente. A partir da análise da figura, complete o quadro abaixo, indicando o movimento (caso exista) que os corpos A, B e C deverão executar.



CORPO	O QUE DEVE ACONTECER?
A	
B	
C	

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

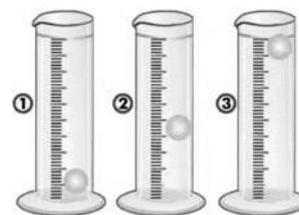
[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A12. Sendo dois corpos maciços, A e B, constituídos do mesmo material e de massas  $m$  e  $m/2$ , respectivamente, estando nas mesmas condições de pressão e temperatura, mostre que a razão entre o volume de B e o volume de A é igual a  $1/2$ .

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME5. (Adaptado de UFPE) Para identificar três líquidos – de densidades  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ , tal que  $d_A < d_B < d_C$  – o analista dispõe de uma pequena bola de densidade  $d_{\text{Bola}}$ . Conforme as posições das bolas apresentadas no desenho a seguir, podemos afirmar que os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3, respectivamente, apresentam densidades:

- (a)  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ .  
 (b)  $d_A$  e  $d_B$ .  
 (c)  $d_B$ ,  $d_A$  e  $d_C$ .  
 (d)  $d_C$ ,  $d_B$  e  $d_A$ .



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A11. O faquir é identificado como um indiano islâmico que executa apresentações envolvendo grande resistência à dor. Um desses números está representado na figura ao lado. Se ao subir em um prego, provavelmente, teríamos nossa pele perfurada, como você explica o fato do faquir sentar numa cama de pregos e não se machucar?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]



VF1. O ovo é um alimento de origem animal, rico em proteínas. Na culinária, uma das formas de testar se o ovo está viável ao consumo é colocá-lo num recipiente com água coletada da torneira. Neste caso, existem duas possibilidades: (i) quando o ovo está fresco e, portanto, próprio ao consumo, ele afunda até o fundo do recipiente; (ii) quando o ovo está estragado, ele flutua.

Analise as proposições abaixo, julgando V se for verdadeira e F se falsa.

- (c) ( ) A densidade da água é menor que a densidade do ovo fresco. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (d) ( ) A densidade da água é diferente nos dois casos, pois depende do objeto que está sendo colocado. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME2. (Adaptado de UFF) Ao serem colocados em um mesmo recipiente – água, gelo e certo tipo de óleo – observa-se que o gelo boia no óleo e este, por sua vez, boia na água. Sabendo que o volume das três substâncias é o mesmo, assinale a opção correta:

- (a) A densidade da água é menor do que a densidade do óleo  
 (b) A densidade do gelo deve ser maior do que a densidade da água  
 (c) A densidade do gelo é maior do que a densidade do óleo  
 (d) Um objeto com a densidade entre a densidade do óleo e do gelo certamente flutuaria na água

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF13(d). Observe a figura ao lado. Enquanto o menino boia facilmente na água do mar (imagem à esquerda), a mesma ação é realizada com maior dificuldade na água do rio (imagem à direita). Sobre essa situação, julgue V se a afirmação for verdadeira e F, se falsa:



- ( ) O menino afunda na água doce porque a densidade da água do rio é maior do que a sua densidade. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A9. Uma lata de refrigerante vazia, quando colocada num recipiente com água, irá boiar se, e somente se, ao colocarmos a lata neste recipiente não entre água no seu interior. No entanto, se amassarmos completamente a lata e colocarmos ela no mesmo recipiente, ela afundará. Por que?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF2. Dentro da água, as pessoas se sentem mais leves devido à ação da força exercida por este fluido sobre o corpo imerso. Essa força é conhecida como empuxo. Julgue as assertivas a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

(a) ( ) a direção do empuxo é sempre horizontal. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) ( ) o empuxo é uma força de reação ao peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(c) ( ) o empuxo é proporcional ao volume de água deslocado pelo corpo.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(d) ( ) o empuxo é sempre menor que o peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(e) ( ) o empuxo é sempre oposto ao peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF12. (Adaptado de Unicap-PE) Assinale verdadeiro (V) ou falso (F).

(a) ( ) Considerando que a densidade de um bloco de madeira é cerca de  $0,6\text{g/cm}^3$ , podemos afirmar que certamente ele flutuará na água independentemente do seu volume.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) ( ) Sabendo que a densidade da água doce é menor do que a densidade da água do mar, o empuxo que atua em um barco, navegando em água doce, é maior do que quando ele navega em água salgada. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(c) ( ) O princípio de Pascal determina que uma variação da pressão em qualquer ponto de um líquido em equilíbrio é transmitida totalmente a todos os pontos do líquido.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(d) ( ) Ao aplicar uma injeção, uma enfermeira insere uma agulha na pele do paciente. Supondo que a força aplicada seja sempre a mesma, podemos concluir que, quanto mais grossa é a agulha, maior é a pressão exercida sobre a pele do paciente. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(e) ( ) Considerando que a pressão máxima suportável ao corpo humano é de 4 atm, é possível mergulhar na água sem equipamentos especiais até uma profundidade de 30 m.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

## APÊNDICE F.2 – Teste de conhecimento 2

Instituição de Ensino. \_\_\_\_\_

QUESTIONÁRIO

| 2

Nome. \_\_\_\_\_

Data. \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Série. \_\_\_\_\_ Turma. \_\_\_\_\_

### ATENÇÃO!

1. Este questionário é composto por **questões de três tipos**: abertas, de verdadeiro ou falso e questões de múltipla escolha.
2. **Descreva o máximo que puder** seu entendimento quando a questão for aberta.
3. Em cada item existe um quadro do tipo **[MS][ S ][ N ][ I ][MI]** para que você **avalie o grau de segurança** que você teve ao responder.
4. Marque um X em **“Muito Seguro” (MS)** quando você tiver total segurança sobre a exatidão da resposta dada, **“Seguro” (S)** quando estiver certo sobre a resposta, mas com algum elemento de dúvida em relação ao que respondeu, **“Neutro” (N)** quando não souber avaliar sua segurança, **“Inseguro” (I)** quando julgar que a resposta pode ou não estar correta e **“Muito Inseguro” (MI)** quando não souber julgar a exatidão do que respondeu.

**Vamos começar!**

A5(a). Os *icebergs* são grandes massas de água no estado sólido que se deslocam seguindo as correntes marítimas nos oceanos. Em geral, sua parte visível acima da água é muito menor que a parte oculta. Este fato da origem à expressão popular “a ponta do *iceberg*”. Considerando que os valores das densidades do gelo e da água do mar são, aproximadamente, iguais a  $0,9\text{g/cm}^3$  e  $1,0\text{g/cm}^3$ , respectivamente. Mostre que a relação entre o volume imerso e o volume total do iceberg é dado por  $V_{\text{imerso}} = (\mu_{\text{gelo}}/\mu_{\text{água}})V_{\text{gelo}}$

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF2. Dentro da água, as pessoas se sentem mais leves devido à ação da força exercida por este fluido sobre o corpo imerso. Essa força é conhecida como empuxo. Julgue as assertivas a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

(a) ( ) a direção do empuxo é sempre horizontal. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) ( ) o empuxo é uma força de reação ao peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME2. (Adaptado de UFF) Ao serem colocados em um mesmo recipiente – água, gelo e certo tipo de óleo – observa-se que o gelo boia no óleo e este, por sua vez, boia na água. Sabendo que o volume das três substâncias é o mesmo, assinale a opção correta:

(a) A densidade da água é menor do que a densidade do óleo

(b) A densidade do gelo deve ser maior do que a densidade da água

(c) A densidade do gelo é maior do que a densidade do óleo

(d) Um objeto com a densidade entre a densidade do óleo e do gelo certamente flutuaria na água

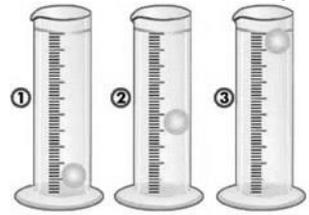
[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A11. O faquir é identificado como um indiano islâmico que executa apresentações envolvendo grande resistência à dor. Um desses números está representado na figura ao lado. Se ao subir em um prego, provavelmente, teríamos nossa pele perfurada, como você explica o fato do faquir sentar numa cama de pregos e não se machucar?



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME5. (Adaptado de UFPE) Para identificar três líquidos – de densidades  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ , tal que  $d_A < d_B < d_C$  – o analista dispõe de uma pequena bola de densidade  $d_{\text{Bola}}$ . Conforme as posições das bolas apresentadas no desenho a seguir, podemos afirmar que os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3, respectivamente, apresentam densidades:



- (a)  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$   
 (b)  $d_A$  e  $d_B$   
 (c)  $d_B$ ,  $d_A$  e  $d_C$   
 (d)  $d_C$ ,  $d_B$  e  $d_A$

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF1. O ovo é um alimento de origem animal, rico em proteínas. Na culinária, uma das formas de testar se o ovo está viável ao consumo é colocá-lo num recipiente com água coletada da torneira. Neste caso, existem duas possibilidades: (i) quando o ovo está fresco e, portanto, próprio ao consumo, ele afunda até o fundo do recipiente; (ii) quando o ovo está estragado, ele flutua.

Analise as proposições abaixo, julgando V se for verdadeira e F se falsa.

- (c) ( ) A densidade da água é menor que a densidade do ovo fresco. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (d) ( ) A densidade da água é diferente nos dois casos, pois depende do objeto que está sendo colocado. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A9. Uma lata de refrigerante vazia, quando colocada num recipiente com água, irá boiar se, e somente se, ao colocarmos a lata neste recipiente não entre água no seu interior. No entanto, se amassarmos completamente a lata e colocarmos ela no mesmo recipiente, ela afundará. Por que?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME13. (Adaptado de Cesgranrio–RJ) Suponha que você está em pé sobre o chão de sua sala. Considere  $p$  a pressão média aplicada pelos seus pés sobre o chão. Se você equilibrar-se numa perna só, podemos afirmar:

- (a) a pressão reduz à metade  
 (b) a pressão será dobrada  
 (c) a pressão permanece constante  
 (d) a pressão será  $n$  vezes maior  
 (e) a pressão será  $n$  vezes menor

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF3. Sobre a situação exposta nesse quadrinho e considerando  $g=10\text{m/s}^2$ , julgue as afirmações abaixo como V se for verdadeira e F se for falsa.

- (a) ( ) Quando o rapaz segura a pedra dentro da água, 3 forças atuam sobre ela. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (b) ( ) O peso aparente da pedra é igual a diferença entre o peso do objeto e o empuxo aplicado sobre ele

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(c) ( ) Se a pedra fosse totalmente imersa na água doce, seu peso fosse 50N e seu peso aparente fosse 20N, então, podemos dizer que o volume da pedra é cerca de 3 L, considerando a densidade da água doce, aproximadamente, igual a  $1000\text{ kg/m}^3$ .

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(d) ( ) O Mar Morto, na verdade, é um lago de água salgada, localizado entre a Jordânia, Israel e a Cisjordânia. Se a densidade da água do Mar Morto é  $1350\text{kg/m}^3$ , podemos dizer que o peso aparente da pedra totalmente imersa nesse fluido é maior do que em qualquer outro ambiente natural de água salgada. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(e) ( ) O empuxo sobre a pedra neste lago é, aproximadamente, igual a 39,15N.

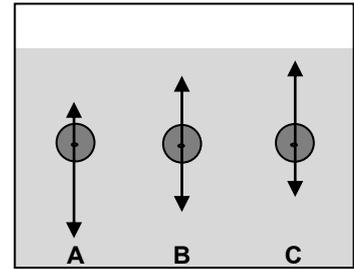
[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(f) ( ) A massa aparente da pedra neste lago é, aproximadamente, igual a 8915g.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]



A13. A Lei de Arquimedes estabelece que um corpo imerso em um fluido recebe uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Esta força é denominada empuxo. Na figura, considere que atuam sobre cada esfera apenas as duas forças indicadas pelos vetores: o peso do objeto (uma força vertical e para baixo, cujo módulo é dado por  $P = mg$ ) e o empuxo (uma força vertical e para cima, cujo o módulo é dado por  $E = \mu gV$ ). Suponha que estas três esferas A, B e C estejam, inicialmente, fixas e sejam soltas simultaneamente. A partir da análise da figura, complete o quadro abaixo, indicando o movimento (caso exista) que os corpos A, B e C deverão executar.



CORPO	O QUE DEVE ACONTECER?
A	
B	
C	

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF8. (Adaptado de GUIMARÃES, PIQUIERA e CARRON (2013, v. 1, p. 284)) Um antigo brinquedo que ainda é usado em ambientes circenses, conhecido como perna de pau, é constituído por duas longas hastes que possuem em sua parte inferior calços para que o usuário coloque os pés. Um garoto que caminhava com este brinquedo na calçada acimentada, resolve passar para uma região de areia. Com relação a essa situação, julgue as proposições a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

- (a) ( ) Ele não conseguirá andar na areia porque o peso do conjunto (menino + brinquedo) aumenta. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (b) ( ) A tendência de afundar na areia é maior porque, com o brinquedo, a pressão sobre a superfície de contato fica maior. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (c) ( ) Embora o peso do conjunto seja o mesmo quando ele passa da calçada para areia, a área de contato diminui de uma região para a outra. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (d) ( ) Se a área de contato sobre cada perna de pau é 1/10 da área de apoio de cada pé descalço, pode-se dizer que, nessas condições, a pressão sobre a área de contato de cada perna de pau é 10 vezes maior que a pressão sobre a área de cada pé. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME3. A densidade absoluta da gasolina é  $0,7 \text{ g/cm}^3$ . Qual o volume ocupado por 420 g de gasolina?

- (a)  $300 \text{ cm}^3$
- (b)  $294 \text{ cm}^3$
- (c)  $419,3 \text{ cm}^3$
- (d)  $600 \text{ cm}^3$

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF10(c). Julgue a proposição abaixo em V, caso considere verdadeira, e F, se for falsa.

- ( ) Desprezando o peso do sapato, para caminhadas na areia, recomenda-se calçados com área de contato maior, pois a força que uma pessoa aplica na areia fofa se altera com o uso de diferentes sapatos. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

### APÊNDICE F.3 – Teste de conhecimento 3

Instituição de Ensino. \_\_\_\_\_

QUESTIONÁRIO

3

Nome. \_\_\_\_\_

Data. \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Série. \_\_\_\_\_ Turma. \_\_\_\_\_

#### ATENÇÃO!

1. Este questionário é composto por **questões de três tipos**: abertas, de verdadeiro ou falso e questões de múltipla escolha.
2. **Descreva o máximo que puder** seu entendimento quando a questão for aberta.
3. Em cada item existe um quadro do tipo **[MS][ S ][ N ][ I ][MI]** para que você **avalie o grau de segurança** que você teve ao responder.
4. Marque um X em **“Muito Seguro” (MS)** quando você tiver total segurança sobre a exatidão da resposta dada, **“Seguro” (S)** quando estiver certo sobre a resposta, mas com algum elemento de dúvida em relação ao que respondeu, **“Neutro” (N)** quando não souber avaliar sua segurança, **“Inseguro” (I)** quando julgar que a resposta pode ou não estar correta e **“Muito Inseguro” (MI)** quando não souber julgar a exatidão do que respondeu.

**Vamos começar!**

A12. Sendo dois corpos maciços, A e B, constituídos do mesmo material e de massas  $m$  e  $m/2$ , respectivamente, estando nas mesmas condições de pressão e temperatura, mostre que a razão entre o volume de B e o volume de A é igual a  $1/2$ .

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF10. Julgue as proposições abaixo em V, caso considere verdadeira, e F, se for falsa.

- (a) ( ) O conceito de pressão nos permite entender muitos fenômenos físicos que estão presentes no nosso dia-a-dia, por exemplo: por que ao comprimir os extremos da caneta sobre nossa mão, percebemos sensações diferentes [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (b) ( ) Quando a faca não está afiada é mais difícil cortar o pão, por exemplo, porque sua área de contato é maior, portanto, a pressão sobre o pão será menor. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (c) ( ) Desprezando o peso do sapato, para caminhadas na areia, recomenda-se calçados com área de contato maior, pois a força que uma pessoa aplica na areia fofa se altera com o uso de diferentes sapatos. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (d) ( ) A unidade de pressão, no Sistema Internacional de Unidades, é  $N/m^2$ . [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (e) ( ) A camada de ar sobre uma pessoa que está numa cidade ao nível do mar é menor do que se a mesma pessoa estivesse numa cidade cuja altitude fosse acima do nível do mar. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME1. Considere 3 corpos – A, B e C – que deverão ser colocados numa caixa d'água. Algumas das características dos corpos estão listadas a seguir.

CORPO A - Um cubo de volume  $10 \text{ cm}^3$  e massa igual a 50g.

CORPO B – Uma esfera de volume  $10 \text{ cm}^3$  e massa igual a 20g.

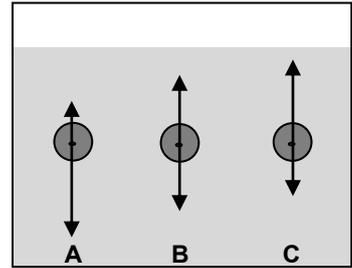
CORPO C - Um cubo de volume  $10 \text{ cm}^3$  e massa igual a 5g.

Considerando a densidade da água igual a  $1\text{g/cm}^3$ , podemos afirmar que:

- (a) Os corpos A e B flutuarão
- (b) Os corpos A e C flutuarão
- (c) Somente B flutuará
- (d) Somente C flutuará
- (e) Nenhum dos corpos flutuará

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A13. A Lei de Arquimedes estabelece que um corpo imerso em um fluido recebe uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Esta força é denominada empuxo. Na figura, considere que atuam sobre cada esfera apenas as duas forças indicadas pelos vetores: o peso do objeto (uma força vertical e para baixo, cujo módulo é dado por  $P = mg$ ) e o empuxo (uma força vertical e para cima, cujo o módulo é dado por  $E = \mu gV$ ). Suponha que estas três esferas A, B e C estejam, inicialmente, fixas e sejam soltas simultaneamente. A partir da análise da figura, complete o quadro abaixo, indicando o movimento (caso exista) que os corpos A, B e C deverão executar.



CORPO	O QUE DEVE ACONTECER?
A	
B	
C	

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME2. (Adaptado de UFF) Ao serem colocados em um mesmo recipiente – água, gelo e certo tipo de óleo – observa-se que o gelo boia no óleo e este, por sua vez, boia na água. Sabendo que o volume das três substâncias é o mesmo, assinale a opção correta:

- (a) A densidade da água é menor do que a densidade do óleo
- (b) A densidade do gelo deve ser maior do que a densidade da água
- (c) A densidade do gelo é maior do que a densidade do óleo
- (d) Um objeto com a densidade entre a densidade do óleo e do gelo certamente flutuaria na água

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A5. Os *icebergs* são grandes massas de água no estado sólido que se deslocam seguindo as correntes marítimas nos oceanos. Em geral, sua parte visível acima da água é muito menor que a parte oculta. Este fato da origem à expressão popular “a ponta do *iceberg*”. Considerando que os valores das densidades do gelo e da água do mar são, aproximadamente, iguais a  $0,9\text{g/cm}^3$  e  $1,0\text{g/cm}^3$ , respectivamente, responda o que se pede:

- (a) Mostre que a relação entre o volume imerso e o volume total do iceberg é dado por

$$V_{\text{imerso}} = (\mu_{\text{gelo}}/\mu_{\text{água}})V_{\text{gelo}}$$

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

- (b) Determine o percentual do volume total de um iceberg que está acima do nível do mar.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF2. Dentro da água, as pessoas se sentem mais leves devido à ação da força exercida por este fluido sobre o corpo imerso. Essa força é conhecida como empuxo. Julgue as assertivas a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

- (a) ( ) a direção do empuxo é sempre horizontal. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (b) ( ) o empuxo é uma força de reação ao peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF13. Observe a figura ao lado. Enquanto o menino boia facilmente na água do mar (imagem à esquerda), a mesma ação é realizada com maior dificuldade na água do rio (imagem à direita). Sobre essa situação, coloque V para as verdadeiras e F para as falsas:

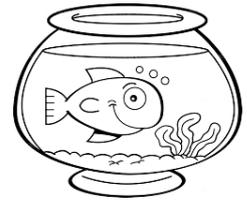


- (a) ( ) A densidade do menino aumenta quando ele está na água doce. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (b) ( ) A densidade da água do mar é maior do que a densidade da água do rio.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

- (c) ( ) No mar, o menino boia mais facilmente porque sua densidade média é menor do que a densidade da água salgada. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A14. (Adaptado de Fuvest-SP) A maioria dos peixes possui uma bexiga natatória que os permitem variar a profundidade ou se ajustar às mudanças de densidade da água. Deste modo, variando a quantidade de ar nesse órgão, os peixes podem variar sua densidade. A figura ilustra um peixe em repouso em relação a um determinado ponto do fundo de um aquário.



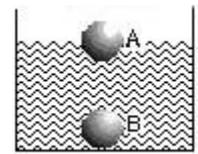
(a) Faça um esquema e indique as forças que atuam sobre ele, identificando-as.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) O que ocorre quando mecanismos internos do peixe produzem aumento de seu volume? Justifique sua resposta.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF5. A figura mostra um copo com água no qual foram colocadas duas esferas A e B de mesmo volume. Considere  $P_A$  e  $P_B$  os módulos dos pesos de cada esfera,  $E_A$  e  $E_B$  os módulos dos empuxos que atuam em cada uma das esferas, respectivamente, e que ambas as esferas encontram-se em equilíbrio. Nessas condições, julgue as proposições em V se for verdadeira e F se falsa.



(a) ( ) O peso da esfera A é maior que o da esfera B [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(b) ( ) A densidade da esfera A é menor que a densidade da esfera B [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME3. A densidade absoluta da gasolina é  $0,7 \text{ g/cm}^3$ . Qual o volume ocupado por 420 g de gasolina?

(a)  $300 \text{ cm}^3$

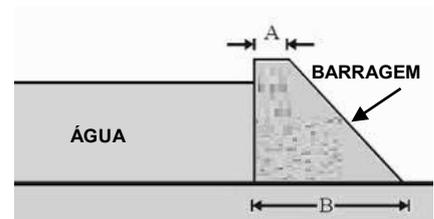
(b)  $294 \text{ cm}^3$

(c)  $419,3 \text{ cm}^3$

(d)  $600 \text{ cm}^3$

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A4. "O perfil de uma barragem, amplamente utilizada na construção de usinas hidrelétricas, deve ser irregular, apresentando a parte inferior mais larga do que a parte superior da edificação". Analise esta proposição em V, se verdadeira, e F, se for falsa. Justifique a sua resposta.



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME10. (Adaptado de Direito.C.L.- 96) O princípio de Arquimedes trata das forças que atuam sobre um corpo quando este é colocado imerso em um fluido de densidade qualquer. Este princípio está relacionado com um conjunto de fatos apresentados nas afirmações abaixo EXCETO:

(a) Se afundarmos uma bexiga numa piscina, por exemplo, quando a soltarmos, ela subirá até a superfície e flutuará.

(b) Um navio, que é constituído basicamente de ferro, é mantido parcialmente submerso devido aos espaços vazios (ocos) existentes nele o que faz com que sua densidade média seja menor do que a densidade da água.

(c) Na linguagem comum, costumamos dizer que os aviões são aparelhos mais pesados que o ar, indicando que o empuxo que eles recebem do ar é maior do que seu peso.

(d) Se um corpo mergulhado na água estiver apoiado numa balança, a leitura realizada nesta balança será menor do que se o corpo estivesse no ar.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

**APÊNDICE F.4 – Teste de conhecimento 4**

Instituição de Ensino. \_\_\_\_\_

QUESTIONÁRIO | 4

Nome. \_\_\_\_\_

Data. \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Série. \_\_\_\_\_ Turma. \_\_\_\_\_

**ATENÇÃO!**

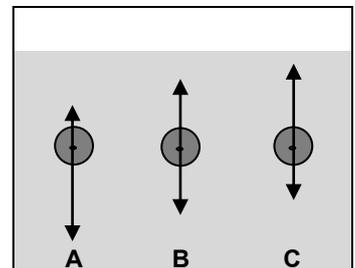
1. Este questionário é composto por **questões de três tipos**: abertas, de verdadeiro ou falso e questões de múltipla escolha.
2. **Descreva o máximo que puder** seu entendimento quando a questão for aberta.
3. Em cada item existe um quadro do tipo **[MS][ S ][ N ][ I ][MI]** para que você **avalie o grau de segurança** que você teve ao responder.
4. Marque um X em **“Muito Seguro” (MS)** quando você tiver total segurança sobre a exatidão da resposta dada, **“Seguro” (S)** quando estiver certo sobre a resposta, mas com algum elemento de dúvida em relação ao que respondeu, **“Neutro” (N)** quando não souber avaliar sua segurança, **“Inseguro” (I)** quando julgar que a resposta pode ou não estar correta e **“Muito Inseguro” (MI)** quando não souber julgar a exatidão do que respondeu.

**Vamos começar!**

VF11. (Adaptado de UFMT) Ao projetar o sistema de fornecimento de água de uma cidade, um técnico tem que dimensionar as caixas d’água de cada bairro, levando em conta as leis da Física. Acerca da maneira mais adequada de desenvolver tal projeto, julgue cada item com V, se for verdadeiro, e F, se for falso.

- ( ) A pressão aumenta em andares mais altos quando a caixa d’água é posta no topo de um edifício. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- ( ) Caixas d’água de diferentes formatos apresentam diferenças quanto a eficiência do fornecimento de água. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- ( ) Nos andares mais baixos a água jorra com maior pressão que nos andares mais altos de um edifício em que a caixa d’água está em seu topo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- ( ) Num sistema de abastecimento de água onde nenhuma bomba está presente, o agente físico responsável pela pressão da água nos canos é a força da gravidade. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- ( ) A pressão da água no interior da tubulação de uma residência independe do diâmetro dos canos. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

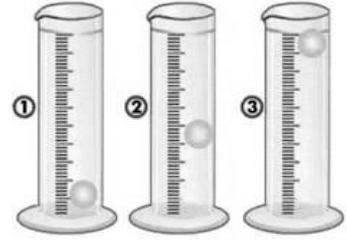
A13. A Lei de Arquimedes estabelece que um corpo imerso em um fluido recebe uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Esta força é denominada empuxo. Na figura, considere que atuam sobre cada esfera apenas as duas forças indicadas pelos vetores: o peso do objeto (uma força vertical e para baixo, cujo módulo é dado por  $P = mg$ ) e o empuxo (uma força vertical e para cima, cujo o módulo é dado por  $E = \mu gV$ ). Suponha que estas três esferas A, B e C estejam, inicialmente, fixas e sejam soltas simultaneamente. A partir da análise da figura, complete o quadro abaixo, indicando o movimento (caso exista) que os corpos A, B e C deverão executar.



CORPO	O QUE DEVE ACONTECER?
A	
B	
C	

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

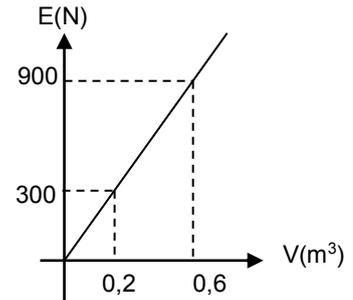
ME5. (Adaptado de UFPE) Para identificar três líquidos – de densidades  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ , tal que  $d_A < d_B < d_C$  – o analista dispõe de uma pequena bola de densidade  $d_{\text{Bola}}$ . Conforme as posições das bolas apresentadas no desenho a seguir, podemos afirmar que os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3, respectivamente, apresentam densidades:



- (a)  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ .  
 (b)  $d_A$  e  $d_B$ .  
 (c)  $d_B$ ,  $d_A$  e  $d_C$ .  
 (d)  $d_C$ ,  $d_B$  e  $d_A$ .

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A7. Seja o gráfico  $E \times V$ , em que  $E$  é o empuxo e  $V$  é o volume do líquido deslocado. Se colocarmos um objeto com densidade igual a  $960 \text{ kg/m}^3$  neste líquido, ele flutuará ou afundará? Considere  $g=10\text{m/s}^2$ .



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF1. O ovo é um alimento de origem animal, rico em proteínas. Na culinária, uma das formas de testar se o ovo está viável ao consumo é colocá-lo num recipiente com água coletada da torneira. Neste caso, existem duas possibilidades: (i) quando o ovo está fresco e, portanto, próprio ao consumo, ele afunda até o fundo do recipiente; (ii) quando o ovo está estragado, ele flutua.

Analise as proposições abaixo, julgando V se for verdadeira e F se falsa.

- (a) ( ) A densidade do ovo estragado é menor que a densidade da água

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

- (b) ( ) A densidade do ovo fresco é maior que a densidade do ovo estragado.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME6. (Adaptado de UERJ) Um mesmo corpo é imerso em três recipientes contendo líquidos diferentes, A, B e C. Em cada um dos recipientes, a fração do volume submerso do corpo é distinta. No líquido A, o corpo fica com  $5/8$  de seu volume total imerso; no líquido B, o corpo fica com  $4/6$  e, no líquido C, fica com  $3/4$ . Em relação à densidade dos líquidos, podemos concluir que o menos denso e o mais denso são, respectivamente:

- (a) A e C      (b) B e A      (c) A e B      (d) C e A      (e) B e C

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A6. Uma bexiga quando está cheia com ar dos nossos pulmões e é solta, ela executa um movimento que acaba levando-a ao solo. Porém, se enchermos a mesma bexiga com certo gás, como o hélio, por exemplo, mantendo o mesmo volume que na situação anterior, o movimento da bexiga é ascendente. O que se pode concluir a respeito deste fato?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF2. Dentro da água, as pessoas se sentem mais leves devido à ação da força exercida por este fluido sobre o corpo imerso. Essa força é conhecida como empuxo. Julgue as assertivas a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

- (a) ( ) a direção do empuxo é sempre horizontal. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

- (b) ( ) o empuxo é uma força de reação ao peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A10. Um corpo de volume  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  é totalmente mergulhado num líquido de densidade  $8 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$ , num local onde  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Qual é o módulo, a direção e o sentido do empuxo que o líquido exerce neste corpo?

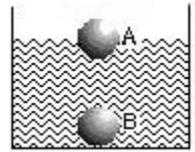
[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME11. Um corpo maciço mergulhado totalmente num líquido em equilíbrio sofre um empuxo de baixo para cima:

- (a) igual ao peso do corpo
- (b) menor que o peso do corpo
- (c) maior que o peso do corpo
- (d) a zero

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF5. A figura mostra um copo com água no qual foram colocadas duas esferas A e B de mesmo volume. Considere  $P_A$  e  $P_B$  os módulos dos pesos de cada esfera,  $E_A$  e  $E_B$  os módulos dos empuxos que atuam em cada uma das esferas, respectivamente, e que ambas as esferas encontram-se em equilíbrio. Nessas condições, julgue as proposições em V se for verdadeira e F se falsa.



- (c) ( ) O empuxo sobre a esfera B é maior que o seu peso [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (d) ( ) A densidade da água é maior que a densidade da esfera A [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME9. Um recipiente vazio encontra-se em repouso, parcialmente imerso em um recipiente com água. Um orifício superior comunica-se com o exterior através de uma mangueira. Ao injetarmos ar por uma mangueira conectada a este recipiente através da mangueira, é correto afirmar que o recipiente:

- (a) afundará mais, porque sua densidade média aumentou
- (b) flutuará mais, porque sua densidade média diminuiu
- (c) aumentará de volume
- (d) permanecerá parada no mesmo nível, porque a densidade do líquido não mudou

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A14. (Adaptado de Fuvest-SP) A maioria dos peixes possui uma bexiga natatória que os permitem variar a profundidade ou se ajustar às mudanças de densidade da água. Deste modo, variando a quantidade de ar nesse órgão, os peixes podem variar sua densidade. A figura ilustra um peixe em repouso em relação a um determinado ponto do fundo de um aquário.



(b) O que ocorre quando mecanismos internos do peixe produzem aumento de seu volume? Justifique sua resposta.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

(c) Supondo que o peixe esteja a 0,3 m de profundidade. Qual a variação de pressão sofrida pelo peixe quando ele vem até a superfície realizar as trocas gasosas diretamente com o ar? Considere que a pressão atmosférica é igual a  $10^5 \text{ N/m}^2$ , a densidade da água é igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ .

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A1. Por que boiamos quando estamos na posição horizontal (paralelo à superfície do líquido), e afundamos na posição vertical (perpendicular à superfície do líquido)?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME12. A vesícula gasosa, também conhecida como bexiga natatória, é um órgão que auxilia os peixes ósseos a se manterem a determinada profundidade através do controle da sua densidade relativamente à da água. Porém, nem todos os peixes possuem este órgão: os tubarões, por exemplo, por serem peixes cartilagosos, não apresentam este órgão. Então, se este peixe ficar imóvel ele:

- (a) afundará
- (b) flutuará
- (c) irá girar em torno do seu eixo
- (d) continuará imóvel

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

## APÊNDICE F.5 – Teste de conhecimento 5

Instituição de Ensino. \_\_\_\_\_

QUESTIONÁRIO

| 5

Nome. \_\_\_\_\_

Data. \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Série. \_\_\_\_\_ Turma. \_\_\_\_\_

### ATENÇÃO!

1. Este questionário é composto por **questões de três tipos**: abertas, de verdadeiro ou falso e questões de múltipla escolha.
2. **Descreva o máximo que puder** seu entendimento quando a questão for aberta.
3. Em cada item existe um quadro do tipo **[MS][ S ][ N ][ I ][MI]** para que você **avali**e o **grau de segurança** que você teve ao responder.
4. Marque um X em **“Muito Seguro” (MS)** quando você tiver total segurança sobre a exatidão da resposta dada, **“Seguro” (S)** quando estiver certo sobre a resposta, mas com algum elemento de dúvida em relação ao que respondeu, **“Neutro” (N)** quando não souber avaliar sua segurança, **“Inseguro” (I)** quando julgar que a resposta pode ou não estar correta e **“Muito Inseguro” (MI)** quando não souber julgar a exatidão do que respondeu.

**Vamos começar!**

VF2. Dentro da água, as pessoas se sentem mais leves devido à ação da força exercida por este fluido sobre o corpo imerso. Essa força é conhecida como empuxo. Julgue as assertivas a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

- (a) ( ) a direção do empuxo é sempre horizontal. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (b) ( ) o empuxo é uma força de reação ao peso do corpo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A8. O Mar Morto, na verdade, é um lago de água salgada, localizado entre a Jordânia, Israel e a Cisjordânia. Nele, uma pessoa pode flutuar facilmente, com parte de seu corpo fora da água. Qual é a propriedade desta água que torna isto possível?

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]



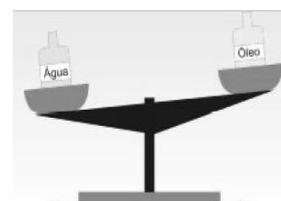
VF11. (Adaptado de UFMT) Ao projetar o sistema de fornecimento de água de uma cidade, um técnico tem que dimensionar as caixas d'água de cada bairro, levando em conta as leis da Física. Acerca da maneira mais adequada de desenvolver tal projeto, julgue cada item com V, se for verdadeiro, e F, se for falso.

- (a) ( ) A pressão aumenta em andares mais altos quando a caixa d'água é posta no topo de um edifício. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (b) ( ) Caixas d'água de diferentes formatos apresentam diferenças quanto a eficiência do fornecimento de água. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (c) ( ) Nos andares mais baixos a água jorra com maior pressão que nos andares mais altos de um edifício em que a caixa d'água está em seu topo. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF4. Em uma balança coloca-se um litro de água (recipiente à esquerda) e um litro de óleo (recipiente à direita), conforme ilustra a figura. Sobre essa situação, marque V para as sentenças verdadeiras e F para as falsas:

- (a) ( ) O óleo tem mais massa por unidade de volume do que a água. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (b) ( ) A balança provavelmente está descalibrada, porque os volumes são iguais. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]  
 (c) ( ) A densidade da água é maior do que a do óleo.

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]



VF10(c). Julgue a proposição abaixo em V, caso considere verdadeira, e F, se for falsa.

( ) Desprezando o peso do sapato, para caminhadas na areia, recomenda-se calçados com área de contato maior, pois a força que uma pessoa aplica na areia fofa se altera com o uso de diferentes sapatos. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME12. A vesícula gasosa, também conhecida como bexiga natatória, é um órgão que auxilia os peixes ósseos a se manterem a determinada profundidade através do controle da sua densidade relativamente à da água. Porém, nem todos os peixes possuem este órgão: os tubarões, por exemplo, por serem peixes cartilaginosos, não apresentam este órgão. Então, se este peixe ficar imóvel ele:

- (a) afundará
- (b) flutuará
- (c) irá girar em torno do seu eixo
- (d) continuará imóvel

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF8(a). (Adaptado de GUIMARÃES, PIQUIERA e CARRON (2013, v. 1, p. 284)) Um antigo brinquedo que ainda é usado em ambientes circenses, conhecido como perna de pau, é constituído por duas longas hastes que possuem em sua parte inferior calços para que o usuário coloque os pés. Um garoto que caminhava com este brinquedo na calçada acimentada, resolve passar para uma região de areia. Com relação a essa situação, julgue a proposição a seguir considerando V, se for verdadeira, e F se falsa.

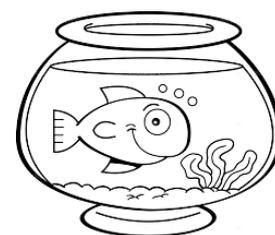
( ) Ele não conseguirá andar na areia porque o peso do conjunto (menino + brinquedo) aumenta. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A11. O faquir é identificado como um indiano islâmico que executa apresentações envolvendo grande resistência à dor. Um desses números está representado na figura ao lado. Se ao subir em um prego, provavelmente, teríamos nossa pele perfurada, como você explica o fato do faquir sentar numa cama de pregos e não se machucar?



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

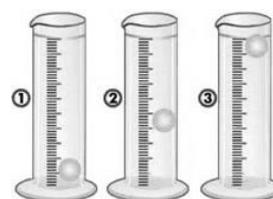
A14(c). (Adaptado de Fuvest-SP) A maioria dos peixes possui uma bexiga natatória que os permitem variar a profundidade ou se ajustar às mudanças de densidade da água. Deste modo, variando a quantidade de ar nesse órgão, os peixes podem variar sua densidade. A figura ilustra um peixe em repouso em relação a um determinado ponto do fundo de um aquário. Supondo que o peixe esteja a 0,3 m de profundidade. Qual a variação de pressão sofrida pelo peixe quando ele vem até a superfície realizar as trocas gasosas diretamente com o ar? Considere que a pressão atmosférica é igual a  $10^5 \text{ N/m}^2$ , a densidade da água é igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ .



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME5. (Adaptado de UFPE) Para identificar três líquidos – de densidades  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ , tal que  $d_A < d_B < d_C$  – o analista dispõe de uma pequena bola de densidade  $d_{\text{Bola}}$ . Conforme as posições das bolas apresentadas no desenho a seguir, podemos afirmar que os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3, respectivamente, apresentam densidades:

- (a)  $d_A$ ,  $d_B$  e  $d_C$ .
- (b)  $d_A$  e  $d_B$ .
- (c)  $d_B$ ,  $d_A$  e  $d_C$ .
- (d)  $d_C$ ,  $d_B$  e  $d_A$ .



[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A6. Uma bexiga quando está cheia com ar dos nossos pulmões e é solta, ela executa um movimento que acaba levando-a ao solo. Porém, se enchermos a mesma bexiga com certo gás, como o hélio, por exemplo, mantendo o mesmo volume que na situação anterior, o movimento da bexiga é ascendente. O que se pode concluir a respeito deste fato?

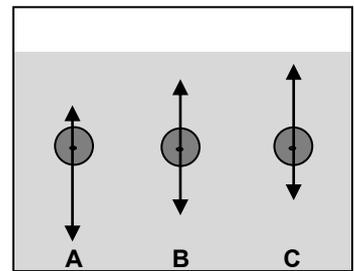
[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME7. (Adaptado de UFSC) Suponha que fosse possível habitar a Lua. Na superfície lunar é correto afirmar que:

- (a) Não poderíamos beber líquidos através de um canudinho, pela inexistência de atmosfera;
- (b) Conseguiríamos empinar pipa a alturas maiores que na Terra;
- (c) Numa partida de futebol, não poderíamos fazer lançamentos mais longos do que se estivéssemos na Terra;
- (d) Um corpo no interior de um recipiente com água sofrerá um empuxo numericamente maior que na Terra

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

A13. A Lei de Arquimedes estabelece que um corpo imerso em um fluido recebe uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Esta força é denominada empuxo. Na figura, considere que atuam sobre cada esfera apenas as duas forças indicadas pelos vetores: o peso do objeto (uma força vertical e para baixo, cujo módulo é dado por  $P = mg$ ) e o empuxo (uma força vertical e para cima, cujo o módulo é dado por  $E = \mu gV$ ). Suponha que estas três esferas A, B e C estejam, inicialmente, fixas e sejam soltas simultaneamente. A partir da análise da figura, complete o quadro abaixo, indicando o movimento (caso exista) que os corpos A, B e C deverão executar.



CORPO	O QUE DEVE ACONTECER?
A	
B	
C	

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

VF6. A respeito do conceito de empuxo, julgue as assertivas a seguir considerando V se for verdadeira e F se falsa.

- (a) ( ) O empuxo é uma força sempre vertical e ascendente. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (b) ( ) Se um objeto for totalmente imerso num líquido, o empuxo aplicado sobre ele dependerá da forma do objeto. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (c) ( ) Se um mesmo objeto for posto no interior de dois líquidos com densidades diferentes, consecutivamente, pode-se dizer que o empuxo sobre o objeto em ambos os líquidos serão iguais, pois é o mesmo objeto. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]
- (d) ( ) Qualquer fluido exerce empuxo sobre um objeto quando este está imerso, mesmo que parcialmente, nesse fluido. [MS][ S ][ N ][ I ][MI]

ME1. Considere 3 corpos – A, B e C – que deverão ser colocados numa caixa d'água. Algumas das características dos corpos estão listadas a seguir.

CORPO A - Um cubo de volume  $10 \text{ cm}^3$  e massa igual a 50g.

CORPO B – Uma esfera de volume  $10 \text{ cm}^3$  e massa igual a 20g.

CORPO C - Um cubo de volume  $10 \text{ cm}^3$  e massa igual a 5g.

Considerando a densidade da água igual a  $1 \text{ g/cm}^3$ , podemos afirmar que:

- (a) Os corpos A e B flutuarão
- (b) Os corpos A e C flutuarão
- (c) Somente B flutuará
- (d) Somente C flutuará
- (e) Nenhum dos corpos flutuará

[MS][ S ][ N ][ I ][MI]

## APÊNDICE G – Modelo do certificado de participação na intervenção educacional



**CERTIFICADO**

Certificamos que

**NONON NO NONONON NONONO**

participou da **Oficina de Física: Um estudo sobre flutuação dos corpos**, intervenção educacional vinculada a projeto de pesquisa de doutorado desenvolvido junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – uma parceria institucional entre a Universidade Federal da Bahia e a Universidade Estadual de Feira de Santana, nos dias 00/00, 00/00 e 00/00, com carga horária total de 10h.

Salvador –Bahia, 00 de nononono de 2017



Prof. Dra. Amanda Amantes  
Orientadora da Pesquisa



Madayã Aguiar  
Pesquisadora Responsável



## APÊNDICE H - Diário de Bordo<sup>58</sup> – Coleta de dados de observações em sala de aula

### Impressões e dados gerais

<b>Dados da turma</b>			
Curso:	Turma:	N° da aula:	
Data:	Professor:	N° de estudantes:	
Ambiente:	Escola:	Dados coletados:	
<b>Dados da aula</b>			
Natureza do material didático	( ) Concreto	( ) Virtual	
Recursos	( ) Vídeo	( ) Projetor	( ) Lousa ( ) Outros
	Se "outros", quais?		
Arranjo físico dos estudantes	( ) Em grupos	( ) Grupo único	
Atividade pedagógica com instrução?	( ) Sim	( ) Não	
<b>Indícios sobre o comportamento dos estudantes</b>			
Categorias	Subcategorias	Resposta	
		Sim	Não
Gerenciamento de Tarefas	Atenção às instruções		
	Organização quanto à execução das atividades		
	Zelo consigo e com o material		
	Interação com o professor		
	Interação entre os estudantes		
Padrão geral de comportamento	Comportamento inadequado (acidental ou intencional)		
	Descumprimento aos acordos estabelecidos		
	Produção de ruídos altos		
	Pontualidade		
	Assiduidade		
	Participação		

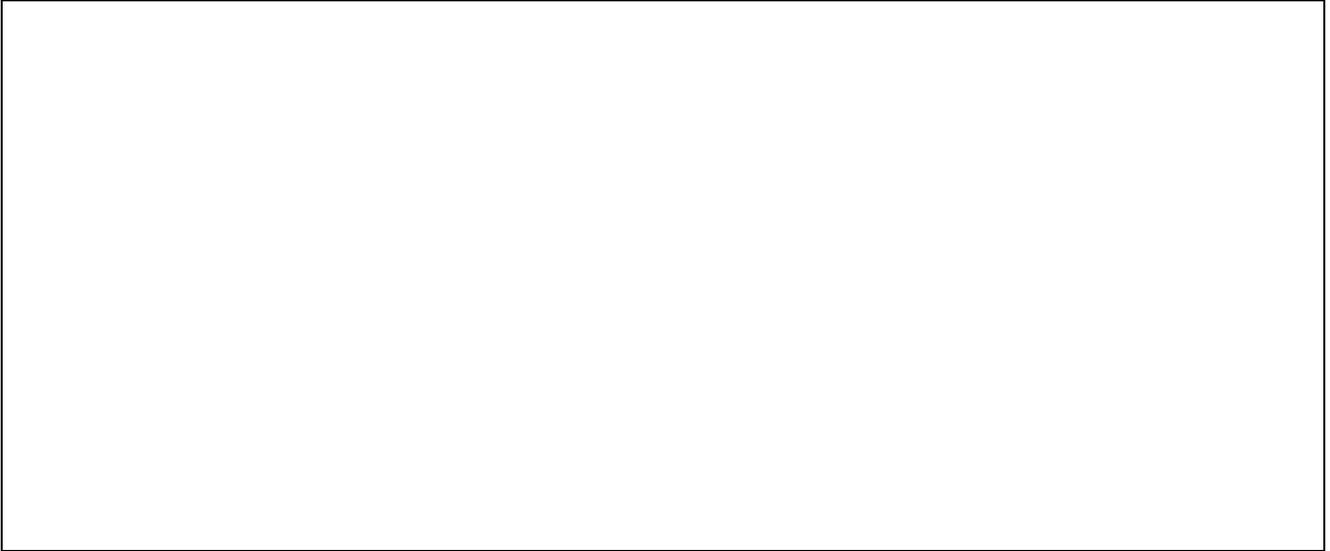
### Dados dos Grupos

Número do Grupo	Componentes	Engajamento Comportamental (Grupo)	Nível de Interação (Grupo)
Grupo 1 Gravação de áudio ( ) Sim ( ) Não		( ) Alto	( ) Alto
		( ) Médio	( ) Médio
		( ) Baixo	( ) Baixo
Obs. Gerais			
Grupo 2 Gravação de áudio ( ) Sim ( ) Não		( ) Alto	( ) Alto
		( ) Médio	( ) Médio
		( ) Baixo	( ) Baixo
Obs. Gerais			
Grupo 3 Gravação de áudio ( ) Sim ( ) Não		( ) Alto	( ) Alto
		( ) Médio	( ) Médio
		( ) Baixo	( ) Baixo
Obs. Gerais			
Grupo 4 Gravação de áudio ( ) Sim ( ) Não		( ) Alto	( ) Alto
		( ) Médio	( ) Médio
		( ) Baixo	( ) Baixo

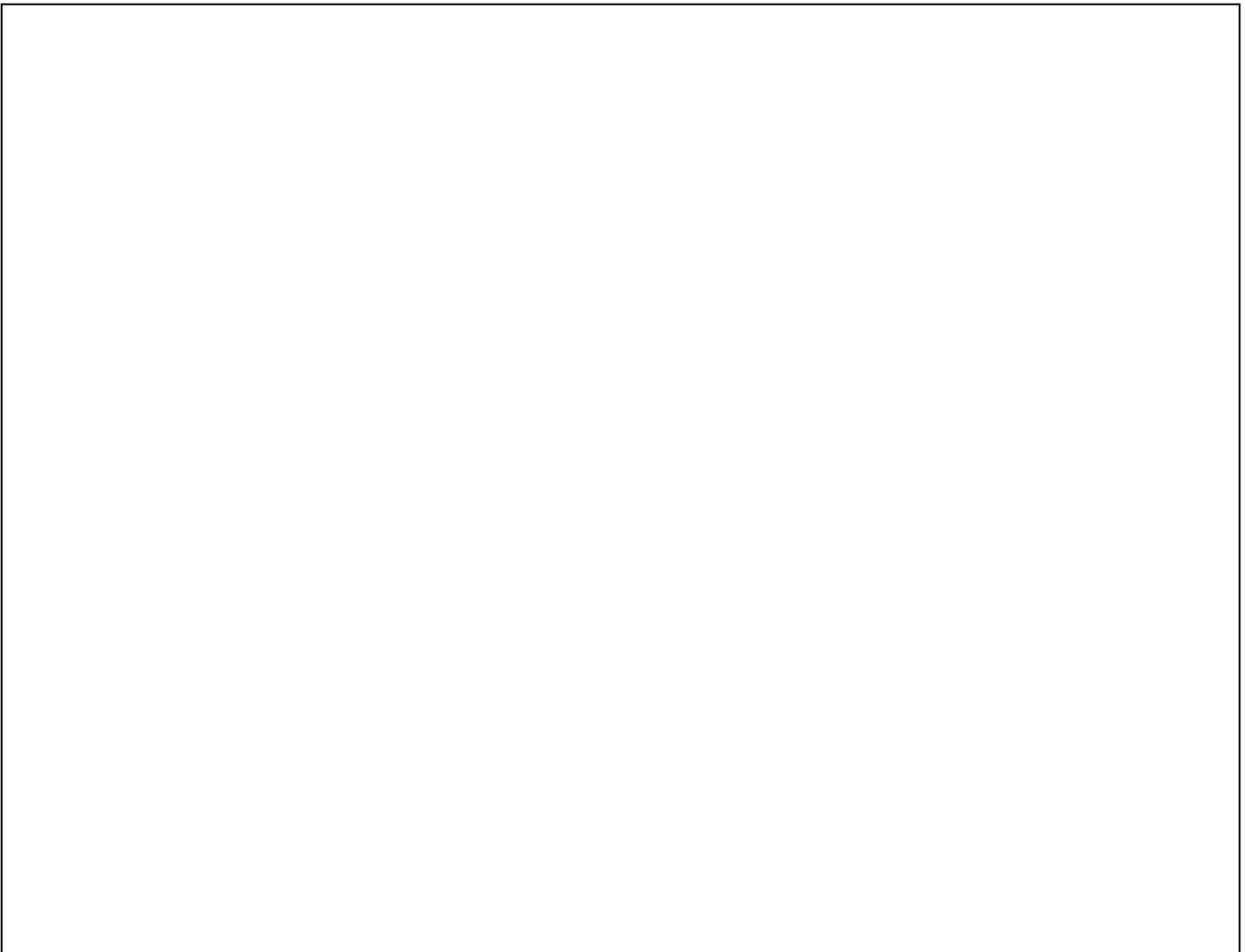
<sup>58</sup> Diário de bordo adaptado de instrumento construído por Silvia Porto



**Esquema cronológico das ações planejadas**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for drawing a chronological scheme of planned actions.

**Observações Gerais**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for writing general observations.

## APÊNDICE I – Questionário de validação por juízes - Estudo Dirigido: Texto Instrucional 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA



Programa de Pós-Graduação em Ensino,  
Filosofia e História das Ciências



MESTRADO E DOUTORADO



Prezado(a) professor(a),

Este instrumento de validação é parte integrante de uma pesquisa mais geral que pretende investigar a aprendizagem dos estudantes a respeito do conceito de Empuxo a partir da interação com duas ferramentas pedagógicas: o jogo didático e o estudo dirigido.

O presente questionário se refere apenas a um dos dois estudos dirigidos que foram construídos com a finalidade de promover a aprendizagem de conteúdos disciplinares relacionados ao fenômeno de flutuação.

Lembre-se que, assim como toda pesquisa que envolve seres humanos, é compromisso do pesquisador a manutenção do sigilo sobre as informações coletadas durante a pesquisa, assim como a sua participação (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde – CNS/MS).

Desde já agradecemos a sua colaboração, e ficamos a disposição para qualquer dúvida e/ou esclarecimento.

Eu, \_\_\_\_\_, enquanto

(a) Pesquisador em Ensino de Física ( )

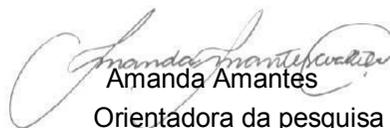
(b) Professor de Física da Educação Básica ( )

(c) Outro: \_\_\_\_\_,

**aceito fazer parte do processo de validação do material didático citado na descrição a seguir.**

Madayã Aquilar..  
Madayã Agular

[madayaaguilar@gmail.com](mailto:madayaaguilar@gmail.com)

  
Amanda Amantes  
Orientadora da pesquisa

### 1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA E DO ESTUDO DIRIGIDO

Esta pesquisa visa investigar como o jogo didático contribui para a aprendizagem de conteúdos formais científicos no ambiente escolar. Para isso, propõe-se avaliar a evolução do entendimento dos estudantes de Ensino Médio, de escolas públicas estaduais e federais, sobre os conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação a partir do uso de duas ferramentas pedagógicas: o jogo didático e o estudo dirigido.

A fim de atingir o objetivo desta investigação, será realizada uma oficina em que metade da amostra deverá interagir inicialmente com o jogo didático e, em seguida, com o estudo dirigido, enquanto que a outra metade, primeiramente, fará uso do estudo dirigido para, posteriormente, interagir com o jogo didático. Assim, é possível mapear as potencialidades e limitações da ferramenta lúdica.

A utilização do estudo dirigido será mediada pelo professor e terá: (i) na medida do necessário, momentos de exposição para garantir a formalização do conhecimento, e (ii) momentos de discussão conjunta das tarefas e problemas presentes neste material. Nestes últimos, serão apresentadas as hipóteses e dúvidas dos estudantes a respeito do conteúdo trabalhado.

Deste modo, a condução do material seguirá as seguintes etapas:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Leitura silenciosa do tópico sobre densidade;                             | 8. Execução das questões A e B;                 |
| 2. Execução da “Atividade 1”;  | 9. Leitura silenciosa do tópico sobre pressão;  |
| 3. Discussão das respostas;  | 10. Realização das atividades 4, 5 e 6;         |
| 4. Fala do professor e demonstração da relação entre volumes: $V_B = 2V_A$ ; | 11. Discussão das respostas                     |
| 5. Continuação da leitura silenciosa do texto;                               | 12. Continuação da leitura silenciosa do texto; |
| 6. Realização das atividades 2 e 3;  | 13. Execução da “Atividade 7”;                  |
| 7. Discussão das respostas;  | 14. Realização das questões C e D.              |

Vale ressaltar que os dois estudos dirigidos foram inteiramente elaborados pelos membros da pesquisa, acima citados, adotando como concepção a abordagem conceitual. Este primeiro recurso trata sobre o conceito de densidade e pressão. Este último será aprofundado no segundo estudo dirigido.

## 2 INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO

1. Assinale apenas uma alternativa. Lembre-se que aqui não existem respostas certas ou erradas. Portanto, marque aquela que lhe parecer ter maior grau de concordância;
2. A **terceira coluna** deste questionário foi reservada para que você possa registrar seus comentários, críticas ou sugestões. Sinta-se livre para comentar não somente às perguntas em que é solicitada a exposição de suas observações, mas todas as que você julgar pertinente.

## 3 QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO

PERGUNTAS	ALTERNATIVAS	COMENTÁRIOS
1. Em termos do conteúdo, o objetivo do Texto 1 do Estudo Dirigido pode ser descrito como:	(a) desenvolver a aceitação acadêmica (formal) do conceito de densidade e pressão. (b) desenvolver o entendimento conceitual de densidade e pressão a partir da relação entre as grandezas envolvidas em seus conceitos (c) desenvolver o raciocínio sobre densidade e pressão pela relação matemática entre as grandezas envolvidas em seus conceitos. (d) promover a apropriação de elementos relacionados ao conceito de densidade e pressão a partir da experiência.	
2. Qual o foco do Texto 1 do Estudo Dirigido?	(a) Aplicação no cotidiano (c) Conceitual (b) Apreensão matemática (d) Experimental	
3. O Texto 1 do Estudo Dirigido proporciona o entendimento conceitual:	(a) em um nível de complexidade aquém à escolaridade para que é proposto (b) em nível de complexidade adequado à escolaridade para que é proposto (c) em nível de complexidade além à escolaridade para que é proposto	
4. O Texto 1 do Estudo Dirigido proporciona a compreensão numérica do conceito de densidade:	(a) em um nível de complexidade aquém à escolaridade para que é proposto (b) em nível de complexidade adequado à escolaridade para que é proposto (c) em nível de complexidade além à escolaridade para que é proposto	
5. O Texto 1 do Estudo Dirigido proporciona a compreensão numérica do conceito de pressão:	(a) em um nível de complexidade aquém à escolaridade para que é proposto (b) em nível de complexidade adequado à escolaridade para que é proposto (c) em nível de complexidade além à escolaridade para que é proposto	
6. De que maneira o texto está servindo de guia para aprendizagem? <b>Comente.</b>	(a) Insatisfatória (c) Razoavelmente satisfatória (b) Pouco satisfatória (d) Satisfatória	

7. Em relação ao raciocínio lógico (massa, volume e densidade), como você avalia a contribuição do estudo dirigido?	(a) Contribui de forma superficial (b) Contribui de forma razoável, com pouca profundidade (c) Contribui de forma adequada, com profundidade satisfatória (d) Contribui de forma complexa, com nível inadequado ao ensino médio	
8. Em relação ao raciocínio lógico (força, área e pressão), como você avalia a contribuição do estudo dirigido?	(a) Contribui de forma superficial (b) Contribui de forma razoável, com pouca profundidade (c) Contribui de forma adequada, com profundidade satisfatória (d) Contribui de forma complexa, com nível inadequado ao ensino médio	
9. O intuito da <b>Atividade 1</b> é avaliar se, a partir da leitura, o estudante é capaz de:	(a) determinar a expressão matemática de densidade a partir da unidade de medida. (b) entender o conceito de densidade pela unidade de medida. (c) manipular adequadamente as unidades de medida de densidade. (d) manipular adequadamente a expressão algébrica que define densidade.	
10. A <b>Atividade 2</b> é mais adequada para levar o estudante a:	(a) Reconhecer que a diferença de densidade entre substâncias é determinante para a flutuação de um objeto (b) Reconhecer quais aspectos de um objeto determinam sua flutuação (c) Reconhecer a relação entre aspectos dos objetos e líquidos que determinam as condições de flutuação	
11. A <b>Atividade 3</b> é mais adequada para levar o estudante a:	(a) Reconhecer que a diferença de densidade entre substâncias é determinante para a flutuação de um objeto (b) Reconhecer quais aspectos de um objeto determinam sua flutuação (c) Reconhecer a relação entre aspectos dos objetos e líquidos que determinam as condições de flutuação	
12. As perguntas relativas às questões “ <b>Sintetizando Ideias</b> ” (A e B) conseguem acessar o que o estudante entendeu sobre densidade de maneira: <b>Comente</b> .	(a) Insatisfatória (b) Pouco satisfatória (c) Razoavelmente satisfatória (d) Satisfatória	
13. O intuito da <b>Atividade 4</b> é avaliar se, a partir da leitura, o estudante é capaz de::	(a) entender o conceito de pressão por sua expressão matemática (b) entender o conceito de pressão a partir da unidade de medida. (c) manipular adequadamente unidades de medida de pressão. (d) manipular adequadamente a expressão algébrica que define pressão	
14. A <b>Atividade 5</b> é mais adequada para levar o estudante a:	(a) Reconhecer que a diferença em cada situação é a área de contato (b) Reconhecer a relação matemática entre pressão e superfície de contato (c) Reconhecer quais aspectos de um objeto determinam o efeito da pressão	

<p><b>15. A Atividade 6</b> é mais adequada para levar o estudante a:</p>	<p>(a) Reconhecer que a diferença em cada situação é a área de contato  (b) Reconhecer a relação matemática entre pressão e superfície de contato  (c) Reconhecer quais aspectos de um objeto determinam o efeito da pressão</p>	
<p><b>16. A Atividade 7</b> é mais adequada para levar o estudante a:</p>	<p>(a) Reconhecer a ação da pressão atmosférica  (b) Entender o conceito de pressão atmosférica  (c) Demonstrar o conceito de pressão atmosférica</p>	
<p><b>17.</b> As perguntas relativas às questões “<b>Sintetizando Ideias</b>” (C e D) conseguem acessar o que o estudante entendeu sobre pressão de maneira: <b>Comente.</b></p>	<p>(a) Insatisfatória (c) Razoavelmente satisfatória  (b) Pouco satisfatória (d) Satisfatória</p>	
<p><b>18.</b> Para qual série você acredita que esta ferramenta seja mais adequada?</p>	<p>(a) Séries iniciais (até o oitavo ano) (d) Segundo ano do Ensino Médio  (b) Nono ano (e) Terceiro ano do Ensino Médio  (c) Primeiro ano do Ensino Médio</p>	
<p><b>19.</b> Quanto à coerência, as atividades estão: <b>Comente.</b></p>	<p>(a) Incoerentes (c) Razoavelmente coerentes  (b) Pouco coerentes (d) Coerentes</p>	
<p><b>20.</b> Qual o tempo adequado para aplicação deste material?</p>	<p>(a) 30 minutos (c) 1 aula e meia (75 minutos)  (b) 1 aula (50 minutos) (d) 2 aulas (100 minutos))</p>	
<p><b>21.</b> Numa escala em que  - 0 é inadequada,  - 1 é pouco adequada,  - 2 é adequada  - 3 é muito adequada  indique, de acordo com o seu julgamento e considerando a perspectiva de desenvolvimento do aluno, se o estudo dirigido auxilia na promoção de:</p>	<p>( ) criatividade  ( ) autonomia  ( ) interatividade com o professor  ( ) interatividade com os demais estudantes  ( ) interatividade com os conteúdos disciplinares  ( ) capacidade de lidar com problemas de naturezas distintas  ( ) capacidade de organização  ( ) aprendizagem de conteúdos científicos</p>	
<p><b>22.</b> Numa escala em que  - 0 é inadequada,  - 1 é pouco adequada,  - 2 é adequada  - 3 é muito adequada  indique, de acordo com o seu julgamento, como o estudo dirigido pode ser considerado:</p>	<p>( ) auto-explicativo  ( ) motivador  ( ) variado</p>	
<p><b>23.</b> Esse espaço é destinado para comentários gerais que você, avaliador, julgue pertinente para o refinamento da ferramenta didática.</p>		

## APÊNDICE J – Questionário de validação por pares - Jogo Didático

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA



Programa de Pós-Graduação em Ensino,  
Filosofia e História das Ciências



MESTRADO E DOUTORADO



Prezado(a) professor(a),

Este instrumento de validação é parte integrante de uma pesquisa mais geral que pretende investigar aprendizagem dos estudantes a respeito do conceito de Empuxo a partir da interação com duas ferramentas pedagógicas: o jogo didático e o estudo dirigido.

O presente questionário se refere ao jogo de tabuleiro, elaborado pelas proponentes da pesquisa. Sobre o ponto de vista desta investigação, pretende-se avaliar o potencial e as limitações do jogo de tabuleiro como ferramenta pedagógica para o ensino de conteúdos formais científicos no Ensino Médio.

Lembre-se que, assim como toda pesquisa que envolve seres humanos, é compromisso do pesquisador a manutenção do sigilo sobre as informações coletadas durante a pesquisa, assim como a sua participação (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde – CNS/MS).

Desde já agradecemos a sua colaboração, e ficamos a disposição para qualquer dúvida e/ou esclarecimento.

Eu, \_\_\_\_\_, graduado em \_\_\_\_\_, enquanto

- (a) Estudante do PPGEFHC ( ) (c) Professor da Educação Básica ( )  
(b) Professor do PPGEFHC ( ) (d) Outro: \_\_\_\_\_

aceito fazer parte do processo de validação do material didático citado na descrição a seguir.

### 1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA E DO JOGO DE TABULEIRO

Esta pesquisa de doutorado visa investigar como o jogo didático contribui para a aprendizagem de conteúdos formais científicos no ambiente escolar. Para isso, propõe-se avaliar a evolução do entendimento dos estudantes de Ensino Médio, de escolas públicas estaduais e federais, sobre os conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação a partir do uso de duas ferramentas pedagógicas: o jogo didático e o estudo dirigido.

A fim de atingir o objetivo desta investigação, metade da amostra fará uso inicialmente do jogo didático e, em seguida, do estudo dirigido, enquanto que a outra metade, primeiramente, utilizará o estudo dirigido para, posteriormente, o jogo didático. Assim, é possível mapear as potencialidades e limitações da ferramenta lúdica.

Para a aplicação desta ferramenta no contexto escolar, pretende-se delegar autonomia aos estudantes de modo que os mesmos desenvolvam as estratégias necessárias para transpor todos os desafios os quais serão submetidos sem que haja qualquer interferência do professor no decorrer da atividade.

### 2 INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO

1. Assinale apenas uma alternativa. Lembre-se que aqui não existem respostas certas ou erradas. Portanto, marque aquela que lhe parecer ter maior grau de concordância;
2. A **terceira coluna** deste questionário foi reservada para que você possa registrar seus comentários, críticas ou sugestões. Sinta-se livre para comentar não somente às perguntas em que é solicitada a exposição de suas observações, mas todas as que você julgar pertinentes.

Madayã Aguiar  
Madayã Aguiar

[madayaaguiar@gmail.com](mailto:madayaaguiar@gmail.com)

Amanda Amantés  
Amanda Amantés  
Orientadora da pesquisa

## 3 QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO

PERGUNTAS	ALTERNATIVAS	COMENTÁRIOS
1. Avalie o jogo quanto ao nível de dificuldade de ser jogado. <b>Comente</b>	(a) ( ) Muito difícil                      (c) ( ) Mediano (b) ( ) Difícil                                (d) ( ) Fácil	
2. As regras do jogo são:	(a) ( ) insuficientes e não estão claras (b) ( ) claras, porém, insuficientes (c) ( ) suficientes, porém não estão claras (d) ( ) claras e suficientes	
3. Qual o foco desta ferramenta?	(a) ( ) Conceitual (b) ( ) Experimental (c) ( ) Apreensão matemática (d) ( ) Aplicação no cotidiano	
4. Em sua opinião, este recurso pode ser classificado como:	(a) ( ) recurso para entretenimento (b) ( ) material para aula de Física (c) ( ) proposta didática (d) ( ) ferramenta avaliativa	
5. As questões do tipo "Diga o que é" são adequadas para:	(a) ( ) avaliar o entendimento conceitual do aluno (b) ( ) verificar se o aluno consegue utilizar a ferramenta matemática (c) ( ) verificar se o estudante consegue aplicar o conceito em diversas situações	
6. As questões do desafio "Explique por que" são adequadas para:	(a) ( ) avaliar o entendimento conceitual do aluno (b) ( ) verificar se o aluno consegue utilizar a ferramenta matemática (c) ( ) verificar se o estudante consegue aplicar o conceito em diversas situações	
7. Os desafios "Faça você" são adequados para verificar:	(a) ( ) a capacidade do estudante de criar e testar hipóteses (b) ( ) a habilidade procedimental do estudante relacionada à montagem dos experimentos (c) ( ) a capacidade do estudante para aplicar os conceitos em atividades experimentais	
8. Em qual série você acredita que a atividade seja mais adequada?	(a) ( ) Séries iniciais (até o oitavo ano) (b) ( ) Nono ano (c) ( ) Primeiro ano do Ensino Médio (d) ( ) Segundo ano do Ensino Médio (e) ( ) Terceiro ano do Ensino Médio	

<p><b>9.</b> Quanto tempo você estima que seja necessário para aplicação desta atividade no ambiente escolar?</p>	<p>(a) ( ) 30 minutos                      (c) ( ) 1 aula e meia (75 minutos)  (b) ( ) 1 aula (50 minutos)                      (d) ( ) 2 aulas (100 minutos)</p>	
<p><b>10.</b> Sobre este jogo podemos dizer que:</p>	<p>(a) ( ) auxilia na compreensão acadêmica (formal) dos conceitos  (b) ( ) contribui prioritariamente para o desenvolvimento de habilidades  (c) ( ) promove, preferencialmente, a apropriação de elementos relacionados aos conceitos envolvidos  (d) ( ) atende tanto ao desenvolvimento de habilidades quanto da aceção acadêmica dos conceitos</p>	
<p><b>11.</b> Qual a melhor forma, na sua opinião, de utilizar esse recurso?</p>	<p>(a) ( ) como ferramenta introdutória  (b) ( ) como ferramenta de aplicação de conhecimento  (c) ( ) como atividade de revisão ou de avaliação  (d) ( ) outra: _____</p>	
<p><b>12.</b> Você considera o objetivo educacional do jogo é de: <b>Comente</b></p>	<p>(a) ( ) instruir os alunos sobre o conteúdo de flutuação  (b) ( ) avaliar os alunos sobre o conteúdo de flutuação  (c) ( ) aplicar os conhecimentos sobre flutuação em diversos situações</p>	
<p><b>13.</b> Sobre a relação entre a jogabilidade (aspectos relativos ao tempo de resposta do jogador, como ele interage com a ferramenta, sistemas de recompensa, dentre outros) e a função pedagógica da ferramenta, você avalia que o jogo é:</p>	<p>(a) ( ) somente lúdico.  (b) ( ) mais lúdico que pedagógico  (c) ( ) igualmente lúdico e pedagógico  (d) ( ) mais pedagógico que lúdico.</p>	
<p><b>14.</b> Relacione críticas, comentários e sugestões que julgar relevantes para o aperfeiçoamento da ferramenta.</p>		

## APÊNDICE K – Sistema categórico para análise de itens politômicos<sup>59</sup>

O sistema categórico a seguir foi construído de maneira que uma categoria posterior ( $n_i$ ) abarcasse informações da categoria imediatamente anterior ( $n_{i-1}$ ), subtendendo, portanto, níveis hierárquicos de complexidade. Sua função é servir como guia para avaliar os itens de caráter politômico/ discursivo.

Para que o leitor compreenda a identificação de tais categorias, utilizamos o seguinte sistema de cores:

- (a) Nível identificado com a cor **vermelha**: a princípio, categoria não validada segundo indícios oriundos da análise Rasch;
- (b) Nível identificado com a cor **azul**: categoria incluída, *a posteriori*, por orientação dos juízes;
- (c) Nível identificado com a cor **preta**: categoria validada segundo indícios obtidos pela análise Rasch.

Vale ressaltar que a decisão em manter neste sistema todas as categorias construídas, mesmo após o processo de validação, está relacionada à quantidade de dados faltantes, tendo em vista que este fator interfere na robustez do resultado.

**A1. Por que boiamos quando estamos na posição horizontal (paralelo à superfície do líquido), e afundamos na posição vertical (perpendicular à superfície do líquido)?**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Explica o fenômeno apenas sobre o ponto de vista da distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água sem mencionar a relação entre pressão e área de contato

**NÍVEL 2:** Pode mencionar informações relativas à distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água e identifica corretamente diferenças entre as áreas de contato com a superfície do líquido nas duas posições, porém apresenta alguma inconsistência na resposta

**NÍVEL 3:** Pode mencionar informações relativas à distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água e identifica diferenças entre as áreas de contato e relaciona corretamente as grandezas área e pressão, porém ainda apresenta algumas poucas inconsistências no que se refere, por exemplo, ao peso do corpo

**NÍVEL 4:** Pode mencionar informações relativas à distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água e identifica a diferença entre as áreas nas posições horizontal e vertical, relaciona corretamente as grandezas área e pressão e explicita o peso como grandeza constante no fenômeno estudado.

**A4. “O perfil de uma barragem, amplamente utilizada na construção de usinas hidrelétricas, deve ser irregular, apresentando a parte inferior mais larga do que a parte superior da edificação”. Analise esta proposição em V, se verdadeira, e F, se for falsa. Justifique a sua resposta.**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

<sup>59</sup> Neste apêndice, foram suprimidas as imagens relacionadas a cada um dos itens porque eles podem ser analisados diretamente nos testes de conhecimento expostos nos APÊNDICES F.

**NÍVEL 1:** Identifica a proposição como verdadeira, mas justifica de maneira equivocada ou não apresenta justificativa; identifica a proposição como falsa, mas a justificativa não harmoniza com o julgamento. Neste último caso, admitem-se poucas inconsistências

**NÍVEL 2:** Identifica a proposição como verdadeira, além de identificar que as diferentes áreas estão submetidas à pressões distintas, sem explicitar a relação destas com a profundidade

**NÍVEL 3:** Identifica a proposição como verdadeira, além de identificar, descrever e explicar a relação entre área, pressão e profundidade

**A5. Os icebergs são grandes massas de água no estado sólido que se deslocam seguindo as correntes marítimas nos oceanos. Em geral, sua parte visível acima da água é muito menor que a parte oculta. Este fato da origem à expressão popular “a ponta do iceberg”. Considerando que os valores das densidades do gelo e da água do mar são, aproximadamente, iguais a  $0,9\text{g/cm}^3$  e  $1,0\text{g/cm}^3$ , respectivamente, responda o que se pede:**

**(a) Mostre que a relação entre o volume imerso e o volume total do iceberg é dado por  $V_{\text{imerso}} = (\mu_{\text{gelo}}/\mu_{\text{água}})V_{\text{gelo}}$**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Apenas identifica alguma das equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema sem fazer menção ao desenvolvimento das mesmas

**NÍVEL 2:** Identifica as equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento de tais equações apresenta inconsistências

**NÍVEL 3:** Identifica as equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento das equações não apresenta inconsistência

**(b) Determine o percentual do volume total de um iceberg que está acima do nível do mar.**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Apresenta somente os dados da questão OU identifica a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema sem fazer menção ao desenvolvimento das mesmas

**NÍVEL 2:** Apresenta os dados da questão, identificando inclusive a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento da equação apresenta equívocos que o torna inconsistente

**NÍVEL 3:** Apresenta os dados da questão, identificando inclusive a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento da equação não apresenta inconsistências

**A6. Uma bexiga quando está cheia com ar dos nossos pulmões e é solta, ela executa um movimento que acaba levando-a ao solo. Porém, se enchermos a mesma bexiga com certo gás, como o hélio, por exemplo, mantendo o mesmo**

**volume que na situação anterior, o movimento da bexiga é ascendente. O que se pode concluir a respeito deste fato?**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Identifica a densidade como a grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases sem explicitar qual deles apresenta maior densidade; ou, caso presente, pode expressar inconsistências na indicação de qual dos gases apresenta maior densidade

**NÍVEL 2:** Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, explicitando corretamente que o He, dentre os gases considerados no fenômeno, apresenta menor densidade

**NÍVEL 3:** Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, como também expressa corretamente a relação entre as densidades dos diferentes gases

**NÍVEL 4:** Identifica a densidade como grandeza que produz a diferença no comportamento dos gases, como também expressa corretamente a relação entre as densidades dos diferentes gases e explicita aspectos da ação das forças peso e empuxo

**A7. Seja o gráfico  $E \times V$ , em que  $E$  é o empuxo e  $V$  é o volume do líquido deslocado. Se colocarmos um objeto com densidade igual a  $960 \text{ kg/m}^3$  neste líquido, ele flutuará ou afundará? Considere  $g=10\text{m/s}^2$ .**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Apresenta apenas os dados da questão ou indica apenas que o objeto afundará sem explicitar desenvolvimento da questão que justifique seu julgamento

**NÍVEL 2:** Apresenta os dados da questão e indica a equação relacionada ao problema ( $E = \rho g V$ ) sem fazer menção ao seu desenvolvimento; não indica que o objeto afundará

**NÍVEL 3:** Apresenta os dados e indica a equação relacionada ao problema ( $E = \rho g V$ ) sem fazer menção ao seu desenvolvimento, mas indica que o objeto afundará a partir de justificativa inconsistente.

**NÍVEL 4:** Apresenta os dados, indica a equação relacionada ao problema ( $E = \rho g V$ ), explicita o desenvolvimento da equação **com** inconsistências; não indica que o objeto afundará ou explicita o julgamento incorretamente ou explicita o julgamento corretamente, porém a partir de justificativa inconsistente.

**NÍVEL 5:** Apresenta os dados, indica a equação relacionada ao problema ( $E = \rho g V$ ), explicita o desenvolvimento da equação **sem** inconsistências; mas não indica que o objeto afundará ou explicita o julgamento incorretamente ou explicita o julgamento corretamente, porém a partir de justificativa inconsistente.

**NÍVEL 6:** Apresenta os dados, indica a equação relacionada ao problema ( $E = \rho g V$ ), explicita o desenvolvimento da equação **sem** inconsistências; apenas indica que o objeto afundará ou aponta justificativa coerente com o resultado obtido

**A8. O Mar Morto, na verdade, é um lago de água salgada, localizado entre a Jordânia, Israel e a Cisjordânia. Nele, uma pessoa pode flutuar facilmente, com parte de seu corpo fora da água. Qual é a propriedade desta água que torna isto possível?**

**Obs.** Note que a pergunta está centrada sobre a propriedade da matéria!

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Indica a densidade como a propriedade da água que torna possível um indivíduo flutuar mais facilmente no Mar Morto, porém apresenta outras grandezas ou informações equivocadas que tornam a resposta inconsistente

**NÍVEL 2:** Indica a densidade como a propriedade da água que torna possível um indivíduo flutuar mais facilmente no Mar Morto, sem elencar outras grandezas ou informações equivocadas;

**A9. Uma lata de refrigerante vazia, quando colocada num recipiente com água, irá boiar se, e somente se, ao colocarmos a lata neste recipiente não entre água no seu interior. No entanto, se amassarmos completamente a lata e colocarmos ela no mesmo recipiente, ela afundará. Por que?**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Identifica que a densidade da lata é alterada, mas não apresenta justificativa ou a mesma é considerada equivocada

**NÍVEL 2:** Identifica que a densidade da lata é alterada e apresenta justificativa com inconsistências

**NÍVEL 3:** Identifica que a densidade da lata aumenta ao ser amassada, relacionando corretamente a densidade e volume do objeto; pode fazer menção à influência do ar na densidade da lata quando a mesma está íntegra

**NÍVEL 4:** Identifica que a densidade da lata aumenta ao ser amassada e explica a razão para que isto ocorra, explicitando a massa como grandeza constante e/ou relacionando corretamente a densidade e volume do objeto; pode fazer menção à influência do ar na densidade da lata quando a mesma está íntegra; pode reconhecer a forma do objeto como elemento importante sem relacionar com o empuxo.

**NÍVEL 5:** Identifica que a densidade da lata aumenta ao ser amassada e explica a razão para que isto ocorra, explicitando a massa como grandeza constante e relacionando corretamente a densidade e volume do objeto; reconhece a forma como elemento importante, relacionando-a com o empuxo (pois quando a forma é alterada, muda-se o volume deslocado, modificando o empuxo); pode mencionar a pressão como fator que contribui para mudanças nas condições de flutuabilidade

**A10. Um corpo de volume  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  é totalmente mergulhado num líquido de densidade  $8 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$ , num local onde  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Qual é o módulo, a direção e o sentido do empuxo que o líquido exerce neste corpo?**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** (a) Apresenta somente os dados da questão ou identifica a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema, sem fazer menção sobre a direção e o sentido do vetor empuxo; (b) Não apresenta os dados da questão nem a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; indica com inconsistência informação sobre a direção ou sentido sobre o vetor empuxo

**NÍVEL 2:** (a) Apresenta os dados da questão, identificando inclusive a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema, mas não menciona informação sobre a direção e o sentido do vetor empuxo; (b) Não apresenta os dados da questão nem a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; indica corretamente informação sobre a direção ou sentido sobre o vetor empuxo

**NÍVEL 3:** (a) Apresenta os dados da questão, identifica a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema, indica corretamente a direção ou sentido do vetor empuxo; (b) Não apresenta os dados da questão nem a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; indica corretamente informação sobre a direção e sentido sobre o vetor empuxo

**NÍVEL 4:** Apresenta os dados da questão; identifica a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; desenvolve matematicamente a equação que relaciona as grandezas com inconsistência; pode indicar corretamente a direção ou o sentido do vetor empuxo

**NÍVEL 5:** Apresenta os dados da questão; identifica a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; desenvolve matematicamente a equação que relaciona as grandezas sem inconsistência; pode indicar corretamente a direção ou o sentido do vetor empuxo

**NÍVEL 6:** Apresenta os dados da questão; identifica a equação que relaciona as grandezas envolvidas no problema; desenvolve matematicamente a equação que relaciona as grandezas sem inconsistência; indica corretamente a direção e o sentido do vetor empuxo

**A11. O faquir é identificado como um indiano islâmico que executa apresentações envolvendo grande resistência à dor. Um desses números está representado na figura ao lado. Se ao subir em um prego, provavelmente, teríamos nossa pele perfurada, como você explica o fato do faquir sentar numa cama de pregos e não se machucar?**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Explica o fenômeno apenas sobre o ponto de vista da distribuição do peso do indivíduo sobre a cama de pregos sem mencionar a relação entre pressão e área de contato

**NÍVEL 2:** Pode mencionar informações relativas à distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água e identifica que a diferença entre as situações (1 prego e a cama de pregos) é determinada pela área de contato; apresenta inconsistências na relação entre pressão e área de contato, bem como na identificação da massa do faquir como

**NÍVEL 3:** Pode mencionar informações relativas à distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água, identifica que a grandeza que se diferencia nas duas

situações é a área (de contato) e descreve a corretamente a relação entre área e pressão, porém apresenta inconsistência na identificação da massa do faquir como uma constante

**NÍVEL 4:** Pode mencionar informações relativas à distribuição do peso do indivíduo sobre a superfície da água, identifica que a grandeza que se diferencia nas duas situações é a área (de contato); descreve a corretamente a relação entre área e pressão; explicita a massa do faquir como uma grandeza constante em ambas as situações

**A12. Sendo dois corpos maciços, A e B, constituídos do mesmo material e de massas  $m$  e  $m/2$ , respectivamente, estando nas mesmas condições de pressão e temperatura, mostre que a razão entre o volume de B e o volume de A é igual a  $1/2$ .**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Apresenta somente os dados da questão

**NÍVEL 2:** Apresenta apenas identifica as equações que relacionam as densidades, massas e volumes dos corpos A e B sem fazer menção ao desenvolvimento das mesmas

**NÍVEL 3:** Apresenta os dados da questão, identificando inclusive as equações que relacionam as grandezas dos corpos A e B; o desenvolvimento das equações apresenta equívocos que o torna inconsistente

**NÍVEL 4:** Apresenta os dados da questão, identificando inclusive as equações que relacionam as grandezas dos corpos A e B; o desenvolvimento das equações **não** apresenta equívocos que o torna inconsistente

**NÍVEL 5:** Pode apresentar os dados da questão, assim como as equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema, porém desenvolve a questão com argumentos coerentes com base na interpretação do conceito ou da equação que subsidia a resolução da questão e que, neste caso, pode encontrar-se implícita

**A13. A Lei de Arquimedes estabelece que um corpo imerso em um fluido recebe uma força dirigida para cima igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Esta força é denominada empuxo. Na figura, considere que atuam sobre cada esfera apenas as duas forças indicadas pelos vetores: o peso do objeto (uma força vertical e para baixo, cujo módulo é dado por  $P = mg$ ) e o empuxo (uma força vertical e para cima, cujo o módulo é dado por  $E = \mu gV$ ). Suponha que estas três esferas A, B e C estejam, inicialmente, fixas e sejam soltas simultaneamente. A partir da análise da figura, indique o movimento (caso exista) que os corpos A, B e C deverão executar.**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Indica corretamente o que ocorrerá com apenas 1 dos corpos; tal indicação pode acontecer de 3 formas: (a) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar ou permanecer em repouso, (b) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar parcialmente ou totalmente imerso, (c) explicitando se o corpo executa MRU ou MRUV. Neste último caso, sem fazer menção sobre o sentido do movimento (exemplo: subida e descida ou para cima e para baixo)

**NÍVEL 2:** Indica corretamente o que ocorrerá com apenas 1 dos corpos; tal indicação pode acontecer de 3 formas: (a) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar ou permanecer em repouso, (b) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar parcialmente ou totalmente imerso, (c) explicitando se o corpo executa MRU ou MRUV. Neste último caso, menciona o sentido do movimento (exemplo: subida e descida ou para cima e para baixo)

**NÍVEL 3:** Indica corretamente o que ocorrerá com 2 dos 3 corpos, tal indicação pode acontecer de 3 formas: (a) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar ou permanecer em repouso, (b) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar parcialmente ou totalmente imerso, (c) explicitando se o corpo executa MRU ou MRUV. Neste último caso, menciona o sentido do movimento (exemplo: subida e descida ou para cima e para baixo)

**NÍVEL 4:** Indica corretamente o que ocorrerá com todos corpos; tal indicação pode acontecer de 3 formas: (a) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar ou permanecer em repouso, (b) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar parcialmente ou totalmente imerso, (c) explicitando se o corpo executa MRU ou MRUV. Neste último caso, menciona o sentido do movimento (exemplo: subida e descida ou para cima e para baixo)

**NÍVEL 5:** Indica corretamente o que ocorrerá com todos corpos, justificando inclusive a razão sobre cada uma das suas escolhas a partir da relação entre as forças peso e empuxo; tal indicação pode acontecer de 3 formas: (a) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar ou permanecer em repouso, (b) explicitando se o corpo irá afundar, flutuar parcialmente ou totalmente imerso, (c) explicitando se o corpo executa MRU ou MRUV. Neste último caso, menciona o sentido do movimento (exemplo: subida e descida ou para cima e para baixo)

**A14. (Adaptado de Fuvest-SP) A maioria dos peixes possui uma bexiga natatória que os permitem variar a profundidade ou se ajustar às mudanças de densidade da água. Deste modo, variando a quantidade de ar nesse órgão, os peixes podem variar sua densidade. A figura ilustra um peixe em repouso em relação a um determinado ponto do fundo de um aquário.**

**(a) Faça um esquema e indique as forças que atuam sobre ele, identificando-as.**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Apresenta esquema de forças parcialmente correto, verificando inconsistências na indicação das forças apresentadas; não identifica tais forças

**NÍVEL 2:** Apresenta esquema de forças correto, **sem** qualquer inconsistência na indicação das forças apresentadas; contudo, não identifica tais forças

**NÍVEL 3:** Apresenta esquema de forças parcialmente correto, verificando inconsistências na indicação das forças apresentadas; identifica tais forças corretamente

**NÍVEL 4:** Apresenta esquema de forças correto, **sem** qualquer inconsistência na indicação das forças apresentadas; contudo, identifica tais forças corretamente

**(b) O que ocorre quando mecanismos internos do peixe produzem aumento de seu volume? Justifique sua resposta.**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** (a) Identifica que o peixe flutuará, mas justifica equivocadamente ou apresenta inconsistências ou não apresenta justificativa; (b) identifica que o peixe afundará ou permanecerá parado, mas reconhece alguma relação de dependência entre volume e densidade (mesmo que com inconsistência)

**NÍVEL 2:** (a) Identifica que o peixe flutuará, devido à alguma alteração de sua densidade (densidade média); (b) não identifica que o peixe flutuará, afundará ou permanecerá parado, porém reconhece corretamente a relação de proporcionalidade entre volume e densidade (pode explicitar ou não a massa como uma constante)

**NÍVEL 3:** Identifica que o peixe flutuará devido à diminuição de sua densidade (média), bem como relaciona corretamente as grandezas densidade e volume (pode explicitar ou não a massa como uma constante); não menciona aspectos relativos ao volume deslocado e empuxo

**NÍVEL 4:** Identifica que o peixe flutuará devido à diminuição de sua densidade (média), relaciona corretamente as grandezas densidade e volume, explicita a massa como uma constante, assim como reconhece a ação do empuxo como causa para seu movimento ascendente

**(c) Supondo que o peixe esteja a 0,3 m de profundidade. Qual a variação de pressão sofrida pelo peixe quando ele vem até a superfície realizar as trocas gasosas diretamente com o ar? Considere que a pressão atmosférica é igual a  $10^5 \text{ N/m}^2$ , a densidade da água é igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ .**

**NÍVEL 0:** Resposta completamente equivocada

**NÍVEL 1:** Apresenta somente os dados da questão ou apenas identifica alguma das equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema **sem** fazer menção ao desenvolvimento das mesmas

**NÍVEL 2:** Apresenta os dados da questão, identificando inclusive as equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento das equações apresenta equívocos que o torna inconsistente

**NÍVEL 3:** **Não** apresenta os dados da questão e as equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento matemático **não** apresenta equívocos que o torna inconsistente

**NÍVEL 4:** Apresenta os dados da questão, identificando inclusive as equações que relacionam as grandezas envolvidas no problema; o desenvolvimento das equações **não** apresenta equívocos que o torna inconsistente

## APÊNDICE L– Questionário Estruturado

SOBRE VOCÊ						
1	Qual a sua idade?		2	Qual o seu sexo?	<input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Feminino
3	De 1 a 5, em que 1 significa não gostar nenhum pouco e 5 significa gostar muito, o quanto você gosta de Física?					
SOBRE A OFICINA						
Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. Os números de 1 a 5 correspondem a: <b>1: Discordo Totalmente; 2: Discordo; 3: Indiferente; 4: Concordo; 5: Concordo Totalmente.</b>					(1)	(2)
					(3)	(4)
					(5)	
I1	Decidi frequentar a oficina de Física somente por causa da pontuação extra ofertada pelo(a) professor(a).					
I2	Na sala de aula, situações que envolveram competição entre meus colegas e eu, auxiliaram-me no processo de aprendizagem.					
I3	A metodologia adotada pelo professor que conduziu a oficina contribuiu para a aprendizagem de conceitos envolvidos no fenômeno estudado.					
I4	Participar da oficina, para mim, foi perda de tempo.					
I5	O meu nível de segurança para responder às tarefas propostas durante a oficina aumentou com o tempo					
I6	Através do jogo didático, pude aprender sobre o conteúdo científico estudado de uma forma divertida e prazerosa.					
I7	Os encontros da oficina me deixaram entediado(a).					
I8	Na sala de aula, situações que envolveram cooperação entre meus colegas e eu, auxiliaram-me no processo de aprendizagem.					
I9	Estudar o conteúdo em grupo contribuiu para o desenvolvimento de um entendimento mais elaborado sobre os conceitos estudados, pois um estudante dava suporte ao outro.					
I10	Decidi frequentar a oficina de Física porque gostaria de aprender mais sobre esta ciência					
I11	Participar da oficina me fez querer aprender mais sobre Física, pois consigo percebê-la no meu cotidiano.					
I12	Para mim, o jogo didático serviu mais como divertimento do que para aprender sobre os conceitos estudados.					
I13	Os encontros da oficina me fizeram sentir motivado (a).					
I14	Decidi frequentar a oficina de Física somente por causa do certificado de participação neste evento.					

**APÊNDICE M–** Caracterização da amostra da pesquisa de intervenção

SUJEITO	ESCOLA	SÉRIE	CURSO	TURMA	DURAÇÃO (DIAS)	GRUPO	SEXO
E-4	FEDERAL	1	GEOLOGIA	T10811	64	EXPERIMENTAL	M
E-8	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	M
E-9	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	F
E-10	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	M
E-11	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	F
E-12	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	M
E-16	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	F
E-18	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	M
E-19	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	F
E-20	FEDERAL	1	ELETRÔNICA	T9813	57	EXPERIMENTAL	M
E-23	FEDERAL	1	ELETROTÉCNICA	T2812	54	CONTROLE	M
E-24	FEDERAL	1	ELETROTÉCNICA	T2812	54	CONTROLE	F
E-26	FEDERAL	1	ELETROTÉCNICA	T2812	54	CONTROLE	M
E-27	FEDERAL	1	ELETROTÉCNICA	T2812	54	CONTROLE	M
E-28	FEDERAL	1	ELETROTÉCNICA	T2812	54	CONTROLE	M
E-29	FEDERAL	1	ELETROTÉCNICA	T2812	54	CONTROLE	M
E-31	ESTADUAL	1	EM REGULAR	1EM	33	EXPERIMENTAL	F
E-33	ESTADUAL	1	EM REGULAR	1EM	33	EXPERIMENTAL	M
E-71	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-72	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-74	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-77	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-78	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-79	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-80	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-81	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-82	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-84	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-85	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-86	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-87	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-88	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-89	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	M
E-90	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-91	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8813	43	CONTROLE	F
E-93	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-94	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-97	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	M

SUJEITO	ESCOLA	SÉRIE	CURSO	TURMA	DURAÇÃO (DIAS)	GRUPO	SEXO
E-98	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-100	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	M
E-101	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-106	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-107	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	M
E-108	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	M
E-110	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	M
E-111	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	M
E-112	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-113	FEDERAL	1	QUÍMICA	T8812	67	EXPERIMENTAL	F
E-64	ESTADUAL	2	EM REGULAR	2EM	26	CONTROLE	F
E-67	ESTADUAL	2	EM REGULAR	2EM	26	CONTROLE	M
E-68	ESTADUAL	2	EM REGULAR	2EM	26	CONTROLE	M
E-69	ESTADUAL	2	EM REGULAR	2EM	26	CONTROLE	F
E-70	ESTADUAL	2	EM REGULAR	2EM	26	CONTROLE	F
E-35	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-36	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-37	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-38	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-39	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-40	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-41	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-42	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-43	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-45	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-46	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-47	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-48	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-50	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-51	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-52	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-54	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-55	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M
E-56	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-58	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-59	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-60	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-61	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	F
E-62	ESTADUAL	3	EM REGULAR	3EM	33	CONTROLE	M

Legenda: F = Feminino; M = Masculino; EM = Ensino Médio

**APÊNDICE N– Desempenho dos sujeitos expresso em medida Rasch**

SUJEITOS	T1	T2	T3	T4	T5	GANHO T2T1	GANHO T3T2	GANHO T4T2	GANHO T5T2
E-4	0,61	0,25	0,69	0,28	0,27	-0,36	0,44	-0,33	-0,34
E-8	1,16	1,84	2,34	1,54	1,57	0,68	0,50	0,38	0,41
E-9	-1,26	0,14	-0,55	-0,90	-0,50	1,40	-0,69	0,36	0,76
E-10	0,23	0,52	0,66	1,02	2,09	0,29	0,14	0,79	1,86
E-11	-0,46	-0,56	0,09	0,98	-0,74	-0,10	0,65	1,44	-0,28
E-12	-1,12	-0,44	1,31	-0,29	0,43	0,68	1,75	0,83	1,55
E-16	-0,46	0,27	-0,08	0,45	-0,13	0,73	-0,35	0,91	0,33
E-18	1,16	1,84	1,06	1,00	1,73	0,68	-0,78	-0,16	0,57
E-19	0,10	0,09	0,67	1,05	-0,21	-0,01	0,58	0,95	-0,31
E-20	-0,75	-0,17	0,40	-0,34	0,40	0,58	0,57	0,41	1,15
E-23	0,25	0,45	1,79	1,15	0,53	0,20	1,34	0,90	0,28
E-24	-0,29	-0,31	-0,03	0,56	0,04	-0,02	0,28	0,85	0,33
E-26	0,34	0,57	1,43	1,72	0,80	0,23	0,86	1,38	0,46
E-27	0,88	1,09	1,64	1,63	0,80	0,21	0,55	0,75	-0,08
E-28	-0,36	-0,60	-0,10	0,07	0,23	-0,24	0,50	0,43	0,59
E-29	0,43	0,06	1,02	1,53	0,98	-0,37	0,96	1,10	0,55
E-31	0,11	0,71	0,48	0,69	0,65	0,60	-0,23	0,58	0,54
E-33	-0,71	0,06	0,70	0,26	0,44	0,77	0,64	0,97	1,15
E-71	0,75	0,38	0,86	0,81	0,62	-0,37	0,48	0,06	-0,13
E-72	1,16	2,09	1,44	0,91	1,57	0,93	-0,65	-0,25	0,41
E-74	0,74	0,70	1,76	1,96	1,37	-0,04	1,06	1,22	0,63
E-77	0,75	1,21	2,25	2,24	2,05	0,46	1,04	1,49	1,30
E-78	-0,08	1,25	1,67	1,49	1,17	1,33	0,42	1,57	1,25
E-79	-0,62	-0,17	-0,39	-0,29	0,89	0,45	-0,22	0,33	1,51
E-80	0,88	0,46	1,06	0,08	0,65	-0,42	0,60	-0,80	-0,23
E-81	0,36	0,24	1,93	0,01	1,15	-0,12	1,69	-0,35	0,79
E-82	1,31	1,41	0,90	0,53	1,73	0,10	-0,51	-0,78	0,42
E-84	0,82	0,73	1,80	2,00	3,98	-0,09	1,07	1,18	3,16
E-85	0,20	0,91	0,90	0,99	1,73	0,71	-0,01	0,79	1,53
E-86	-0,20	0,19	1,93	-0,25	0,65	0,39	1,74	-0,05	0,85
E-87	1,16	1,41	1,76	1,01	1,43	0,25	0,35	-0,15	0,27
E-88	0,61	1,09	1,93	1,06	1,57	0,48	0,84	0,45	0,96
E-89	0,88	1,17	1,05	1,15	1,71	0,29	-0,12	0,27	0,83
E-90	-0,86	-0,26	0,62	1,09	1,56	0,60	0,88	1,95	2,42
E-91	0,99	0,59	2,00	0,93	2,50	-0,40	1,41	-0,06	1,51
E-93	-0,75	0,11	0,50	0,81	0,98	0,86	0,39	1,56	1,73
E-94	0,75	0,41	1,76	1,38	1,37	-0,34	1,35	0,63	0,62
E-97	0,36	0,38	1,64	0,73	0,80	0,02	1,26	0,37	0,44
E-98	2,03	1,03	2,39	1,30	1,43	-1,00	1,36	-0,73	-0,60

SUJEITOS	T1	T2	T3	T4	T5	GANHO T2T1	GANHO T3T2	GANHO T4T2	GANHO T5T2
E-100	0,59	0,36	0,78	1,12	1,73	-0,23	0,42	0,53	1,14
E-101	0,10	1,09	0,39	0,86	1,37	0,99	-0,70	0,76	1,27
E-106	0,25	-0,03	-0,37	0,62	0,18	-0,28	-0,34	0,37	-0,07
E-107	0,84	0,25	1,55	0,77	1,73	-0,59	1,30	-0,07	0,89
E-108	0,80	0,91	0,75	1,01	0,80	0,11	-0,16	0,21	0,00
E-110	0,80	1,25	1,80	1,03	1,43	0,45	0,55	0,23	0,63
E-111	0,88	1,03	1,17	1,54	0,44	0,15	0,14	0,66	-0,44
E-112	1,31	1,03	1,01	1,19	0,98	-0,28	-0,02	-0,12	-0,33
E-113	1,16	0,86	1,55	2,74	0,98	-0,30	0,69	1,58	-0,18
E-64	-0,20	0,04	0,35	0,67	1,17	0,24	0,31	0,87	1,37
E-67	0,36	0,55	0,49	0,25	1,15	0,19	-0,06	-0,11	0,79
E-68	-0,62	0,04	0,38	0,45	0,44	0,66	0,34	1,07	1,06
E-69	-0,58	0,14	0,69	1,31	1,31	0,72	0,55	1,89	1,89
E-70	0,25	-0,31	0,67	0,80	0,97	-0,56	0,98	0,55	0,72
E-35	-0,79	-0,80	-1,03	-1,10	0,04	-0,01	-0,23	-0,31	0,83
E-36	-0,17	-0,06	-0,07	0,63	-0,27	0,11	-0,01	0,80	-0,10
E-37	-1,21	-0,12	-0,74	0,19	-0,74	1,09	-0,62	1,40	0,47
E-38	-0,88	-0,55	-0,40	-0,41	-1,05	0,33	0,15	0,47	-0,17
E-39	-0,19	0,38	-0,10	0,19	0,89	0,57	-0,48	0,38	1,08
E-40	-0,49	0,22	0,22	-0,09	-0,21	0,71	0,00	0,40	0,28
E-41	-1,18	-0,68	0,15	0,47	-0,42	0,50	0,83	1,65	0,76
E-42	-0,22	0,09	0,22	0,31	0,44	0,31	0,13	0,53	0,66
E-43	0,80	0,77	0,29	0,69	1,15	-0,03	-0,48	-0,11	0,35
E-45	-1,31	-0,15	0,04	0,30	-0,39	1,16	0,19	1,61	0,92
E-46	-0,79	-0,92	-1,29	0,20	0,23	-0,13	-0,37	0,99	1,02
E-47	-1,36	-0,53	-0,57	0,02	-0,13	0,83	-0,04	1,38	1,23
E-48	-0,07	0,02	-0,28	0,65	0,43	0,09	-0,30	0,72	0,50
E-50	0,04	-0,36	0,20	0,15	0,85	-0,40	0,56	0,11	0,81
E-51	-0,03	0,54	0,15	-0,43	0,23	0,57	-0,39	-0,40	0,26
E-52	-0,58	0,13	-0,60	-0,40	-0,30	0,71	-0,73	0,18	0,28
E-54	0,49	0,04	-0,33	0,07	0,65	-0,45	-0,37	-0,42	0,16
E-55	-1,25	-0,51	-0,92	-0,68	0,29	0,74	-0,41	0,57	1,54
E-56	-0,36	0,51	0,81	0,86	0,23	0,87	0,30	1,22	0,59
E-58	-0,84	-0,14	-0,43	-1,13	-0,60	0,70	-0,29	-0,29	0,24
E-59	-1,03	-0,46	-0,41	-1,02	0,04	0,57	0,05	0,01	1,07
E-60	-0,39	-0,25	-0,05	-0,32	0,62	0,14	0,20	0,07	1,01
E-61	-0,55	-0,08	-0,02	-0,36	0,27	0,47	0,06	0,19	0,82
E-62	-0,08	0,12	0,09	0,19	0,04	0,20	-0,03	0,27	0,12



Universidade Federal da Bahia  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

Tese de Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências | **Madāyā Aguiar**