

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIO CESAR MUCHENSKI

**CULTURA DE LABORATÓRIO: REFLETIR, FAZER E EXPLICAR CIÊNCIA A
PARTIR DO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA**

PRODUÇÃO TÉCNICA

PONTA-GROSSA

2021

CULTURA DE LABORATÓRIO **(DESIGN DE ENSINO DE FÍSICA)**

JULIO CESAR MUCHENSKI

ORIENTADOR: AWDRY FEISSER MIQUELIN



Fotografia 1: aparelhos experimentais para medidas de tempo e altura.
Fonte: MUCHENSKI, 2019

A produção didático-pedagógica trata-se de uma sequência didática, elaborada a partir do segundo princípio de design: Reformulação da episteme e métodos do laboratório didático. Este princípio de design emergiu da Pesquisa-Aplicação acerca do laboratório didático do Colégio Estadual do Paraná, de 2016 a 2019.

FÍSICA
2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

APRESENTAÇÃO

A proposta da produção da sequência didática (SD) pode ser a resposta ao problema da utilização tradicional do laboratório didático, conforme Muchenski e Miquelin (2017):

Pesquisou-se o laboratório didático (LabD) de Física do Colégio Estadual do Paraná, em que se observou uma tradição no protocolo das atividades experimentais e dos roteiros de instrução, caracterizados por práticas demonstrativas e automatizadas, acompanhadas e guiadas por textos instrucionais livrescos similares à guias turísticos. Estes guias construídos com uma sequência de lacunas que os estudantes deveriam ir preenchendo, elaborados segundo uma tradição metodológica de reprodução, memorização, sem contexto e não investigativo. Essa tradição associada com uma concepção de experimentação que promoveu alguma aprendizagem da rotina da manipulação dos aparelhos experimentais, mas que falhou em termos da aprendizagem dos saberes da Física. A observação provocou inquietações que levaram ao questionamento: por que no LabD de Ciências, apesar da evolução tecnológica, é mantida essencialmente a tradição da aprendizagem da técnica experimental? (MUCHENSKI e MIQUELIN, 2017, p. 913).

Investigou-se os registros bibliográficos do laboratório didático de Física do Colégio Estadual do Paraná: a partir dos roteiros instrucionais de práticas experimentais dos catálogos de empresa Otto Bender e do projeto do Physical Science Study Committe (PSSC). A investigação mostrou o quanto os catálogos e o projeto influenciaram as práticas de laboratório do Colégio Estadual do Paraná. Muchenski e Miquelin (2017) analisaram as informações à luz dos trabalhos sobre o laboratório didático de epistemologia tradicional, com características de mentalidade positivista e da teoria behaviorista de aprendizagem, que possivelmente alicerçaram a produção dos roteiros das propostas das atividades experimentais. A partir desse trabalho de pesquisa surgiram considerações de que, apesar da evolução dos aparelhos tecnológicos e da introdução de outras tecnologias, o mesmo não aconteceu com a tradição do protocolo de experimentação demonstrativa e automatizada.

Tradição da prática experimental que se orientou por guias instrucionais elaborados e inspirados por uma transposição didática simplificada das concepções sobre metodologias de pesquisa e metodologias experimentais, que contribuiu para uma representação simplificada e única das metodologias científicas.

Esse ensino de ciência convencional na escola da Educação Básica (EB), em alguma medida, é o resultado da transposição didática da fabricação de um saber científico na sua origem ou no sentido do “saber sábio” de Pinho (2001), com os contextos filosóficos, históricos e sociais que permearam o mundo da vida de grupos que participaram da fabricação desse saber. Estes grupos, com elementos comuns ligados ao “ ‘saber’, que se interligam, coexistem e se influenciam junto com a sociedade ou seus representantes, fazem parte de um ambiente mais amplo denominado de noosfera”. (PINHO, 2001, p. 22).

A partir da TD procurou-se ensinar em sala de aula a história da fabricação de um fato científico, como Latour (2011) denomina “matter of fact”. Porém, na educação científica tradicional essa história simplificou os aspectos da natureza e da prática científicas, o que transformou o laboratório didático em uma simulação, talvez nem isso, muito distante dos contextos reais da ciência trabalhadora. Esse simulacro não passou de um mero acessório na função complementar da física teórica que se ensina nas salas de aula do ensino médio.

No formato de método científico único e com um viés protocolar tradicional de produção de atividades experimentais, protocolo tradicional de reprodução que promoveu alguma aprendizagem da técnica experimental na manipulação dos aparelhos, mas que não permitiu a aprendizagem com maior significação dos saberes da Física no sentido de Moreira (2011) e que não contribuiu para se aperfeiçoar o senso comum dos estudantes em termos epistemológicos dos conceitos, salientado nos trabalhos de Bachelard (2013) e de Muchenski e Miquelin (2015).

O estudo de caso do laboratório do Colégio Estadual do Paraná, que se encontra em Muchenski (2015), diz muito sobre a transposição didática como metodologia de ensino de ciências com a utilização do laboratório didático (LabD), transposição equivocada por simplificar sobre a realidade de como os cientistas pensam, fazem e explicam ciência nos seus laboratórios, pois exagerou nas simplificações e representações do mundo real dos cientistas e das suas metodologias de pesquisa científica.

De tal forma, que este caderno pedagógico se pauta em uma outra transposição didática que considere os contextos epistemológicos, históricos e sociais nos quais os saberes científicos foram produzidos, que poderão motivar o pensar, fazer e explicar ciência no ensino teórico e experimental de acordo com o segundo

princípio do design *Cultura de Laboratório*, particularmente, sobre a reformulação da episteme e métodos do laboratório didático.

A proposta pretende ir além do curso de Física curricular do ensino médio do Colégio Estadual do Paraná (CEP), para contribuir com qualquer escola e professores que se proponham a uma proposta de ensino de ciências na intersecção do teórico e experimental, que vai muito além de pensar que o ensino racional e empírico se resume a ambientação de um espaço ou sala com uma placa de identificação: laboratório didático. Portanto, não se trata de um lugar geográfico para reproduzir experimentos exemplares e de reprodução, mas uma ideia de *Cultura de Laboratório*, que pode ser realizado em qualquer sala de aula de qualquer escola do estado do Paraná.

Logo, exprime-se em uma epistemologia de como utilizar uma proposta de ensino suportado por uma transposição didática do pensar e fazer científicos, em que estudantes serão provocados a investigar fenômenos da natureza com trenas, celulares e editores de vídeo para com os modelos réplica de Dutra (2005).

Investigar versões do mundo natural delimitados em certas condições de contorno, para transcendermos o que se ensina de Física em cursos de nível médio, para assim contribuir para a especialização dos estudantes, como um *modus operandi* daqueles que trabalham em contextos de pesquisa e que adquirem uma espécie de *Cultura de Laboratório*, enquanto movimento cultural, no sentido de Hacking (1995). Enquanto elemento cultural pode ser definido como um costume daqueles classificados e pertencentes a este movimento cultural, e que transcenda o espaço do laboratório de ensino de Física, que seja um *modus operandi* em todo o contexto escolar de ensino de Física e, principalmente, que contribua como integrante da cultura do estudante fora dos ambientes do ensino (formal ou informal).

Enfim, que os estudantes tomem para si como uma ferramenta de resolução de problemas também na sua vivência cotidiana e, que o gênero de raciocínio adquirido na *Cultura de Laboratório*, seja a forma que os estudantes venham a operar a sua razão, buscando soluções de problemas de modo geral. Cujas formas de pensar e fazer dos estudantes transcendam o espaço de laboratório, com características próprias de atitudes, de raciocínio, de criatividade, de inventividade, de motivação pelo financeiro e de discurso científico, utilizados na negociação entre aqueles envolvidos

na criação científica, evidenciando o domínio de elementos que estruturam uma modalidade cultural.

Latour e Woolgar (1997) argumentam que a ciência por constituir uma racionalidade peculiar de alto grau cognitivo, não deixa de ser qualificada como prática social. Diante disso, os envolvidos na vida de laboratório também precisam, enquanto atores sociais, de instrumentos persuasivos para o convencimento das suas sentenças e dos processos em ocorrem a fabricação dos fatos. O estudo de Latour e Woolgar (1997) faz uso da simetria como princípio metodológico, no qual as sentenças em controvérsia que virão a assumir o status de “fato” ou “ficção”, em que os processos de fabricação receberão a mesma atenção, pois a ótica é daquela assumida de uma percepção da ciência em construção, interessando o método científico que construiu os argumentos mais convincentes, que formaram as melhores redes, o melhor empilhamento e enquadramento, que vieram a determinar a sentença como “verdadeiro” ou “falso”, ou seja, um estudo “em função de um processo social de convencimento que possibilitou que eles fossem reconhecidos enquanto tais”, (KROPF & FERREIRA, 1998, p. 592)

E, por fim, o destaque que a *Cultura de Laboratório*, enquanto metodologia de ensino de Física poderá ser utilizado em uma sala aula comum, ou seja, não precisa ser um laboratório com equipamentos sofisticados e de alto custo, os professores e seus estudantes, com materiais de baixo custo e de uso cotidiano, poderão pensar, fazer e explicar ciência a partir do chão das suas salas de aulas, e do mundo da vida além do espaço escolar.

No capítulo 1 do caderno pedagógico, além dos objetivos da proposta, há o destaque da problemática do uso tradicional do laboratório didático, resultado da transposição didática simplificada das metodologias das investigações científicas, além da proposta da sua substituição pela proposta da *Cultura de Laboratório*, metodologia de ensino que posiciona o trabalho didático pedagógico da sala de aula na intersecção do racional e empírico. Com o saber gravidade apresentado em situações problematizadas e contextualizadas.

A seguir, no capítulo 2, há a apresentação sucinta das bases teóricas que pautam a proposta da metodologia de ensino e da sequência didática, com trabalhos que justificam a utilização do LabD. Além da importância da apresentação das caixas

pretas da ciência, com seus assuntos controversos. Por fim, a justificativa da utilização em termos pedagógicos dos smartphones.

Apresentamos no capítulo 3, um exemplo de sequência didática a respeito do saber gravidade, elaborada a partir de um dos princípios de design da *Cultura de Laboratório*, este princípio diz respeito a reformulação da episteme e métodos do laboratório didático. Com encaminhamentos didático-metodológicos da proposta de ensino, para que os professores possam aplicar as atividades experimentais conforme os guias experimentais, essas orientações que podem auxiliar professores e estudantes no laboratório, quando trabalharem o pensar e fazer ciência. Propostas de atividades experimentais que equilibrem o tempo com os afazeres e técnicas na manipulação do aparelho experimental, com o pensar o experimento.

No capítulo 4, encaminhamos uma sugestão de avaliação da sequência didática, também, de inspiração no design de ensino *Cultura de Laboratório*. Pois, ao considerarmos a reformulação do laboratório didático, é necessário também repensarmos a forma como avaliamos o processo de ensino e aprendizagem, até para a verificação do quanto os saberes relacionados ao saber gravidade, podem ser aprendidos com significação pelos estudantes.

Por fim, ressaltamos que esta produção didático-pedagógica, é elaborada a partir da tese de doutorado “*Cultura de Laboratório: design de ensino para refletir, fazer e explicar ciência a partir da sala de aula*”. Tese que, originalmente, investigou a reformulação do laboratório didático em termos de um bloco de conteúdo da termodinâmica, relacionados com os contextos sociais, históricos e filosóficos da fabricação das máquinas térmicas. Entretanto, para a SD que consta neste caderno pedagógico, resolvemos trabalhar outro bloco de conteúdo, este sobre o saber gravidade, porém sob o mesmo princípio de design: reformulação da episteme e métodos do laboratório didático. Há de se destacar que este princípio constitui parte do design *Cultura de Laboratório*, cujo desenho de ensino é formado pelos seguintes princípios: I- imersão dos estudantes em projetos de investigação científica; II - reformulação da episteme e métodos do laboratório didático; III- o uso especializado do smartphone como inscitor; e, IV- estudantes divulgadores digitais de ciência.

SUMÁRIO

1 PROBLEMATIZAÇÃO	9
1.1 OBJETIVO GERAL	10
1.1.1 Objetivos Específicos	10
2 UM CONVITE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO	11
2.1 LABORATÓRIO DIDÁTICO: COMO OUTRA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DA PLURALIDADE DAS METODOLOGIAS CIENTÍFICAS	18
2.2 A UTILIZAÇÃO DOS SMARTPHONES COMO INSTRUMENTO NO LABORATÓRIO DIDÁTICO	22
3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	24
3.1 ALEGORIA PARA MOSTRAR A CIÊNCIA COMO CONSTRUTO HUMANO: PARA IMERSÃO DOS ESTUDANTES NA CULTURA DE LABORATÓRIO	27
3.1.1 Para Transcender o Tempo Escolar: Momento do Estudante para Ler, Refletir e Escrever	35
3.2 MOMENTOS PEDAGÓGICOS	38
4 AVALIAÇÃO	59
4.1 CRITÉRIOS	59
4.2 INSTRUMENTOS	60
REFERÊNCIAS	62
ANEXO A: Guia Instrucional para o Estudantes	65
ANEXO B: Slides Suporte para Sequência Didática	73

1. PROBLEMATIZAÇÃO

Sugere-se iniciar a proposta a partir de uma problematização, na qual o estudante seja instigado a observar a realidade de modo crítico, para possibilitar que ele estabeleça relações entre a temática estudada com vivências do seu cotidiano, para permitir que ele aperfeiçoe o perfil epistemológico dos saberes que serão trabalhados durante a sequência didática. A problematização e o contexto podem ser desencadeados a partir da proposição, por exemplo, de textos, tabelas, gráficos, imagens, questões, vídeos, entre outros.

Para superar o modo tradicional da utilização do laboratório didático para ensinar física, estruturamos a sequência didática de forma que os saberes associados com o conceito de gravidade, sejam manipulados pelos estudantes em diferentes aparelhos experimentais, sempre em contextos problematizados. O objetivo é o de permitir aos estudantes, a formação de uma pluralidade de representações sobre o saber que deve ser manipulado nos diferentes aparatos experimentais. Para iniciar a sequência didática colocamos a seguinte questão: Se o planeta Terra deixasse de existir os objetos ainda cairiam? Por quê? E a Lua, o que aconteceria com ela sem a presença da Terra?

A metodologia de ensino da “*Cultura de Laboratório*” (MUCHENSKI, 2015; e MUCHENSKI & MIQUELIN, 2016), apoia-se no princípio epistemológico de trabalhar na intersecção entre o teórico e o experimental, que exigirá do estudante uma postura negociadora com a ciência e a tecnologia, que contribuirá com a formação de uma estrutura científica do modo de raciocinar, que suportará sua retórica com rigor científico, por exemplo, quando o estudante se comunicar com especialistas ou técnicos das diferentes áreas científicas, que exigirá do estudante um alargamento da sua racionalidade, no sentido de Paty (2003).

O formato do LabD pauta – se na possibilidade da ampliação da racionalidade do aluno, por meio do: aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos saberes pelos estudantes, conforme Bachelard (2009) e Bachelard (2013); da especulação complexa, na concepção de Hacking (2012), através da construção das representações dos saberes científicos pelos estudantes, organizados a partir da especulação com a linguagem físico-matemática, desde as primeiras

geometrizações até os formatos mais abstratos que envolvem modelos-réplica, tabelas, gráficos e relações de proporcionalidade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar uma sequência didática para aumentar o realismo científico do saber gravidade, através dos modelos-réplica, enquanto aproximações dos fenômenos do mundo real, modelados no espaço do laboratório e associados com o saber gravidade. Em termos das suas manifestações, na forma de aceleração da gravidade e como definição de campo gravitacional.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Pesquisar na literatura científica sobre a racionalidade da utilização do laboratório didático de física.
- Apresentar a ciência enquanto construto de produção intelectual humana.
- Utilizar o experimento do “multiplicador de água”, como proposta da ideia de caixa preta no sentido de Latour (2011), como metáfora para que os estudantes se atentem para a forma da construção da ciência e dos seus modelos – réplica.
- Investigar os contextos históricos, sociais e filosóficos a respeito da construção do saber gravidade.
- Propiciar aos estudantes a montagem e o uso de aparelhos experimentais, para medição de grandezas físicas de “g” como aceleração da gravidade e “g” como campo gravitacional. Com a sua especulação complexa através da linguagem físico matemática.

2. UM CONVITE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO

O laboratório didático (LabD) é um tema recorrente em pesquisas associadas com o ensino de ciências, por exemplo, encontrado nos trabalhos de Pinho (2000, Laburú e Silva (2011) e Muchenski e Miquelin (2017). Com reflexões sobre a tradição do LabD no ensino de ciências, que se limitou em uma posição hierárquica menor e complementar do corpo teórico, de uma concepção de aprendizagem da metodologia experimental e de apresentação simplificada das metodologias científicas.

Por exemplo, Pinho (2000) aponta que o LabD resultou da transposição didática (TD) do saber sábio para o saber ensinado, passando pelo saber a ensinar, e que pode no excesso de simplificações, ter criado imagens de uma ciência neutra e de um método científico mitificado como método único e infalível, de pensar e fazer ciência. Pinho (2000) analisou a luz das regras ou etapas da TD, a partir de Astolfi (1997), e no pioneirismo de Chevallard e Johsua (1982), de que o LabD resultou de uma tentativa simplificada de transpor aspectos da noosfera¹, acerca da fabricação dos saberes sábios e dos seus contextos históricos, sociais e epistemológicos, para a educação científica convencional, na forma de atividade experimental.

Essa TD simplificada produziu uma tradição protocolar na organização do LabD, para promoção da aprendizagem do método experimental. Atividade experimental que se inspirou em características da mentalidade positivista, de descobertas de leis ou teorias, comprovações e o caráter empírico das verificações. Realizou-se a TD como objeto de saber a ensinar, na forma de método experimental com excesso de afazeres e de tecnicidades da manipulação do aparato experimental, e, portanto, não como metodologia de investigação científica que associasse o pensar e fazer nos contextos de produção científica.

Pinho (2001) explica que sequência didática: “é um conjunto de ações transformadoras que torna um saber sábio em saber ensinável”. Desde a comunidade científica que forma a rede de produção de um determinado saber sábio, passando

¹ Estes grupos, com elementos comuns ligados ao “saber”, que se interligam, coexistem e se influenciam junto com a sociedade ou seus representantes, fazem parte de um ambiente mais amplo denominado de noosfera. PINHO, 2001, p. 22).

De todos os sujeitos, das mais diferentes formações, que constituem a comunidade escolar da escola básica e, que formam a noosfera do saber ensinado. “A noosfera que envolve pessoas, categorias de pessoas ou instituições que interferem, influenciam ou contribuem no sistema educacional”. (PINHO, 2001, p. 22). Associado com a noosfera, tratam-se de mecanismos de legitimação dos saberes, em relação as regras e interesses de cada nicho dos saberes.

por outra “esfera definidora do saber a ensinar é mais eclética e diversificada em sua composição, não por eventual caráter democrático, mas para defesa de interesses próprios” (PINHO, 2001, p. 25), até chegar no final do processo ao saber ensinado. Este que chega à sala de aula por meio da figura do professor, “autoridade constituída do conteúdo da sua disciplina, que expõe o material instrucional didaticamente preparada por ele”, (PINHO 2001, p. 28).

Muchenski (2015) investigou os contextos históricos e epistemológicos do laboratório didático de física do Colégio Estadual do Paraná, a partir dos documentos arquivados no acervo do LabD de física. Na investigação observou-se que as práticas experimentais sofreram influência, ao menos de forma parcial, da movimentação governamental que aconteceu no Brasil a partir da década de 60, em que se procurava um projeto de industrialização com princípios alicerçados em processos que buscassem uma certa revolução científica. Nesta perspectiva, no decreto federal nº. 9.355, em junho de 1946, criou-se o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), com a proposta de formação científica dos estudantes do ciclo médio para seu ingresso nas universidades.

O movimento do IBECC seguiu propostas de países como os Estados Unidos da América, por exemplo, com a pesquisa da *National Science Foudation*, a partir da qual investigou-se jovens estudantes do equivalente à nossa Educação Básica. Durante a investigação percebeu-se que esses estudantes, na sua formação acadêmica, tinham um conhecimento deficitário em física, matemática, biologia e química. Com evidências da existência de lacunas na sua formação acadêmica, propôs-se naquele país uma nova forma de ensino de ciências.

A iniciativa governamental que aconteceu nos Estados Unidos, para transformação da formação acadêmica dos alunos, influenciou países europeus e também o Brasil. Aqui, através do movimento liderado pelo IBECC e com o apoio da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). A partir de 1956, o movimento norte-americano, através de uma força tarefa de professores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e professores da Educação Básica, passou a produzir livros didáticos, livros paradidáticos e extenso material para laboratório.

Através do instituído *Physical Science Study Committe* (PSSC), promoveu-se a reformulação do curso de física da escola de nível médio, com a proposta de romper

com o ensino suportado exclusivamente em livros didáticos de justaposição de conteúdo, memorização e reprodução. Um ensino, basicamente, de cunho mais informativo do que formativo, cujo principal objetivo era o de preparação para que os estudantes tivessem sucesso nas avaliações do tipo “respostas corretas”.

Nessa época, não era diferente para o ensino propedêutico no Brasil, pois também se pautava nos livros didáticos, ensino de caráter informativo de mera transmissão de conteúdo. Estes apresentados em livros-texto que eram adotados por instituições de ensino, cujo foco principal constituía-se na preparação dos alunos para os concursos vestibulares. Por exemplo, o ensino de física era um amontoado de fórmulas matemáticas que deveriam ser memorizadas, além de uma sequência de problemas matemáticos que visavam, quase que exclusivamente, o treinamento desses alunos a partir de uma proposta behaviorista, a qual priorizava a aprendizagem automatizada como preparação para o concurso vestibular. Enfim, tratava-se de um ensino que não promovia o formalismo da linguagem físico matemático, mas sim um tipo de “formulismo”, conforme Zanetic (1989).

A estratégia do PSSC foi de contraposição à modalidade exclusivamente teórico e pautado por livro didático. Ou seja, a estratégia foi de apresentar uma proposta de enculturação científica, através do modelo combinado de experimentação, construção de material didático de apoio e produção de vídeo aulas. Houve esforços mútuos de professores, cientistas, psicólogos, técnicos em filmagens, escritores, fotógrafos e outros. O PSSC inspirou movimentos similares como o *Harvard Physics Project*, nos EUA, e com os projetos curriculares para o ensino médio da Fundação *Nuffield*, na Inglaterra, e com o projeto de ensino de física da USP (Universidade de São Paulo), no Brasil. O projeto da USP foi financiado pela UNESCO, com destaque para a produção de matérias para atividades experimentais.

Um exemplo da influência do PSSC no ensino de física no Brasil, mais precisamente, no Colégio Estadual do Paraná, pode ser observada na investigação de Muchenski (2015), cujos documentos investigados mostraram um protocolo de práticas demonstrativas, de reprodução de roteiros de forma automatizada e informativa, uma proposta que não potencializava a participação dos estudantes na manipulação experimental. Uma racionalidade na construção dos roteiros e do procedimento experimental, semelhantes aos encaminhamentos encontrados nos

manuais do projeto PSSC, em termos da sua estruturação das práticas e da metodologia de ensino.

A noosfera de ensino de física do CEP ao aderir ao movimento de implementação de ensino com experimentação a partir do PSSC, inseriu o LabD sob a perspectiva de ensino behaviorista. Além de incorporar à metodologia de ensino experimental, algumas características da mentalidade do Positivismo, porém de forma ingênua e simplificada, a partir de uma abordagem analítica e cartesiana. A experimentação na educação científica convencional caracterizou-se por uma metodologia de ensino sob o behaviorismo de Skinner, que se limitou a aprendizagem dos procedimentos de manipulação dos aparelhos experimentais, porém não promoveu a aprendizagem com significação dos saberes científicos.

Consideramos que a simples presença do LabD de perfil tradicional como proposta de acrescentar cor, contraste, curiosidade de objetos não usuais e eventos distintos “é sedutor! Além de evidente, é um empirismo colorido. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo” (BACHELARD, 2013, p. 37). Entretanto, a mera manipulação experimental como contraponto a aula exclusivamente teórica, seria um fator suficiente para melhorar o processo de ensino-aprendizagem?

Os projetos que se alinham epistemologicamente ao PSSC, limitaram-se a contribuir apenas no sentido de incremento das técnicas e de manipulação do aparelho experimental, ou nem isso. Talvez, as iniciativas com os projetos serviram de chamamento para o ensino de física, “ao reviverem a psicologia dos observadores iludidos, vamos constatar a implantação de uma era de facilidade que retira do pensamento científico o sentido do problema” (BACHELARD, 2013, p. 36). Haja vista que se estabeleceu uma forma de ensino de ciência tradicional, que permitiu aos estudantes adquirir algumas habilidades motoras, ao manusearem o equipamento experimental. Que, talvez, pode ter criado no ideário dos alunos uma imagem de “falsa facilidade” de realização científica, ao passar a impressão de que se seguindo aqueles passos definidos por um roteiro de atividade experimental, os estudantes poderiam chegar às mesmas conclusões que os cientistas, ao fabricarem os fatos da ciência.

Por exemplo, acreditava-se que, durante a experimentação no LabD tradicional, os estudantes ao aprenderem a utilizar material de laboratório ou técnica de laboratório específica, e ao realizarem uma série de observações e medidas de fenômenos previamente determinados pelo professor, poderiam vir a descobrir ou

formular alguma lei, a partir de proposições de observação de um determinado fenômeno. Esta compreensão em relação aos estudantes, no que diz respeito aos dados que eles poderiam coletar durante as observações e medidas no LabD, é ingênuo, uma vez que não podemos assumir que os dados são imediatos, e, tampouco, de que são lidos diretamente da amostra do mundo natural que se observa, pelo contrário, a obtenção dos dados é problemática, justamente, por sua complexidade inerente.

Diante disso, percebe-se que essa visão que os estudantes aprenderiam por mero indutivismo e empirismo claro, ignora, por completo, a ideia de que quando os cientistas se debruçam sobre um problema de pesquisa, eles têm dificuldades em delimitá-lo, de identificarem o foco central e de diferenciá-lo de focos periféricos de menor grau de importância. E, principalmente, das decisões que os pesquisadores devem tomar quando decidem por uma experimentação, cuja intenção é de confrontarem suas ideias com a realidade, com o objetivo de validá-las relativamente e parcialmente.

Portanto, na alfabetização científica na Educação Básica, não podemos produzir simulacros dos contextos reais da natureza e prática científicas, com a promoção de atividades experimentais de simples replicação de roteiros, com listas de afazeres técnicos e de mera manipulação do aparelho experimental. Essas simulações, distantes da real produção da ciência profissional, não permitem que o estudante, realmente, possa vir a experimentar o *modus operandi* de como se pensa e faz ciência.

Desde as limitações da atividade experimental, enquanto simulacros da real produção científica, o laboratório didático passou por constantes reformulações e inovações, de tal forma que avançou nas suas várias modalidades. Inclusive o LabD como espaço de ensino e aprendizagem dos saberes científicos a partir da atividade experimental, com problematizações conectadas com contextos da ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Propostas de ensino e aprendizagem, por meio da atividade experimental, dos fatos da ciência e dos objetos da tecnologia com significação, portanto, formas de se ensinar que consideram os aspectos da cognição dos estudantes.

Entretanto, é necessário avançarmos, no que diz respeito de considerarmos o laboratório didático e as práticas experimentais, para além de algo que complementa

o ensino teórico, portanto, em uma posição hierárquica de menor destaque. Pelo contrário, devemos sim, implementar a partir da proposta de ensino *Cultura de Laboratório*, em termos de investigação científica e do seu segundo princípio de design: Reformulação da episteme e método do LabD. Até porque, não faz sentido ensinar física de forma separada do empírico, o teórico e o experimental no ensino de física devem coexistir. E, os estudantes uma vez imersos no design *Cultura de Laboratório*, poderão vir a adquirir características do *métier* dos agentes da ciência trabalhadora, para, eventualmente, atuarem em contextos do seu mundo social, além do mundo escolar.

Astolfi (1997) chama a atenção das diferentes características da ciência que o professor ensina, da ciência que o cientista produz e da ciência que o estudante procura aprender. Desta forma, deve-se ressaltar a caracterização de cada um dos saberes e destacar suas peculiaridades, pois o seu nivelamento é o resultado de diferentes “nichos” e personagens, que envolvem os sistemas complexos de cada objeto do saber. E, uma noosfera em particular é do interesse da pesquisa, a que produz ciência. Diante disso, como se constitui em termos epistemológicos, sociais e históricos os contextos reais da fabricação dos fatos científicos, além do *modus operandi* dos cientistas enquanto pensam e fazem ciência?

O LabD, segundo Pinho (2000), resultou da transposição didática simplificada das metodologias científicas, ela ao priorizar o ensino da técnica experimental negligenciou a aprendizagem com significação dos saberes científicos, pois ao optar pela parte empírica foi “tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis!” (BACHELARD, 2013, p. 37). Na educação científica convencional, as representações do LabD limitaram-se a construir imagens de forma ingênua e única, da pluralidade das metodologias científicas. Um simulacro da ciência como método único e infalível, com a idealização do cientista, como se ele produzisse provas científicas e extraísse do mundo natural leis e teorias, que lá já estavam prontas para serem descobertas.

Laburú e Silva (2011) e Muchenski e Miquelin (2017) ressaltam que o laboratório didático, apesar das limitações apontadas por Pinho (2000), pode, também, ser espaço de processos de ensino e aprendizagem dos saberes científicos com significação, desde que, a partir de propostas diferenciadas dos simulacros da ciência, comuns em sistemas que promoveram a educação científica tradicional.

Propostas de ensino com experimentação, como por exemplo, a contribuição de Laború e Silva (2011), com o laboratório didático de multimodalidade representacional e de múltiplas representações.

Esta proposta de Laború e Silva (2011), constitui-se em apresentar um saber científico em contextos problematizados, em diferentes aparelhos experimentais, do artesanal ao mais tecnológico. O objetivo durante a experimentação é de que os estudantes formem representações do saber, na medida em que os reviram e especulam de forma complexa, durante a manipulação experimental. As várias formas de representação, de manipulação e do inquirir dos saberes científicos na proposta de Laború e Silva (2011), poderá implicar que os estudantes:

Adquiram a característica do desenvolvimento do discurso científico, da forma de representar, de raciocinar e também do inquirir científico. Permitindo aos estudantes que aprendam inúmeras formas de representação utilizadas pela ciência, que saibam articular de forma coordenada e convertida em um discurso consistente associado a uma estrutura científica de pensamento. (MUCHENSKI; MIQUELIN, 2017, p. 914).

Como forma de representação dos fenômenos da natureza, escolheu-se os “modelos réplica”, Dutra (2005). Para criar, no espaço do laboratório, aproximações dos fenômenos do mundo real, que permitirá aos estudantes a delimitação das situações reais, em determinadas condições de contorno para associar. Por exemplo, com leis e teorias da ciência. Os estudantes serão provocados a pensar e fazer a experimentação, sob a luz da especulação complexa de Hacking (2012), através da utilização das ferramentas da linguagem físico-matemática, através da articulação dos cálculos matemáticos, tabelas, gráficos e relações de proporcionalidade, que podem vir a contribuir para que os estudantes reconheçam possíveis anomalias nos dados obtidos a partir da experimentação.

O que se pretende para o LabD, é uma transposição didática do pensar e fazer ciência do mundo dos cientistas e dos seus laboratórios, para contribuir com a alfabetização científica dos estudantes, no sentido de Fourez (1994). Pois, a partir do *modus operandi* dos Cientistas, enquanto imersos em contextos sociais, históricos e filosóficos associados com os seus laboratórios em contextos de investigação científica, da criação de narrativas a respeito de fatos produzidos nesses laboratórios e a sua produção de literatura científica, pode vir a constituir um viés de fundo cultural para inspirar interferências nas salas de aula e metodologias de ensino, por exemplo,

com uma transposição didática que considerasse as peculiaridades que fazem parte do *métier* daqueles cientistas que vivem imersos em processos investigativos.

2.1 LABORATÓRIO DIDÁTICO: COMO TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DA PLURALIDADE DAS METODOLOGIAS CIENTÍFICAS

Os contextos da ciência trabalhadora, do simulacro da ciência que se ensina e se aprende na escola e da ciência que os estudantes se defrontam fora da escola, são muito diferentes! O que nos leva a considerar a provocação de Lemke (1993): “o que deve ser uma educação em ciências que seja tanto uma educação sobre a ciência quanto uma educação científica para a vida e o trabalho além da escola?” (p. 8). A expressão “working science” de Lemke (1993, p. 3) ou sua tradução “ciência trabalhadora”, pode representar muito acerca dos trabalhadores da ciência, por exemplo, sobre a forma peculiar que escrevem e falam, mas também como desempenham um *modus operandi*, quando atuam nos seus laboratórios, durante a fabricação de fatos da ciência e dos objetos tecnológicos. Laboratórios de onde emergem forças técnico-científicas tão estranhas à maioria dos coletivos sociais, mas que influenciam profundamente as vivências desses coletivos.

Diante da importância dos cientistas e seus laboratórios, as nuances presentes nas suas vivências profissionais precisam ser estudadas, enquanto epistemologia e tecnologia sociais, a partir do enfoque construtivista-relativista, proposto por Latour e Woolgar (1988). Esse viés cultural dos cientistas e os seus laboratórios, foi descrito nos trabalhos de Latour e Woolgar (1997) e Latour (2011), que trazem nuances de elementos culturais, que podem ser transpostos para a metodologia de ensino de ciências, por exemplo, da forma como pesquisadores pensam e fazem ciência nos seus laboratórios. São processos associados com metodologias de pesquisa científica, que ocorrem na construção dos fatos no laboratório, que depois da concorrência de narrativas e das disputas de controvérsias acabam por se estabelecer como modelos-réplica representativos de mundo, transformados em verdadeiras caixas pretas quando divulgadas ao público em geral.

Portanto, uma transposição para o ensino de ciências do pensar e fazer científicos nos laboratórios de pesquisa, exigirá da metodologia de ensino que as caixas pretas da ciência e os fatos já estabilizados em longos processos de disputas

de narrativas sejam abertas. As controvérsias de outrora trazidas à luz dos contextos históricos, sociais e filosóficos que contemporizaram a produção dos saberes, com a atenção voltada para os enunciados científicos em construção e nos contextos do seu tempo.

A partir disso, provocar a imersão dos estudantes em projetos de investigação científica, os aproximará das nuances que ocorreram no laboratório no seu tempo histórico, os estudantes poderão vivenciar em algum grau os contextos epistemológicos, históricos e sociais que circundaram o laboratório e seus pesquisadores, assim como compreender de forma semiótica o ponto de vista privilegiado do fabricante de fatos, ao se estudar o seu trabalho, incertezas, decisões, concorrência e controvérsias.

A estratégia no design de ensino *Cultura de Laboratório*, é de provocar a imersão dos estudantes em projetos de investigação científica, para que experimentem culturalmente percepções que provoquem incertezas, decisões, concorrência e controvérsias no seu laboro e, assim, que os alunos se aproximem, de alguma forma, do laboro dos pesquisadores nos seus laboratórios. Para tanto deve-se escolher temas ou assuntos controversos, no sentido representado pela dupla face de Jano em Latour (2011), como, por exemplo, o tema gravidade. Que é possível trabalhar com a ideia de gravidade do mundo mecânico de Isaac Newton ou a gravidade associada com a relatividade geral de Albert Einstein.

Na proposta da sequência didática não se pretende doutrinar os estudantes para um modelo ou para outro, apenas suscitar nos estudantes a dúvida por provocação, ou seja, que crie neles a consciência de que a realidade que a ciência apresenta foi construída ou melhor fabricada no laboratório, mas que não é um modelo definitivo, até porque não vai além do que se trata, um modelo-réplica fabricado, que representa uma das versões do que a natureza pode ser.

A abertura da caixa preta exige dos estudantes uma postura híbrida, devido a sua complexidade, haja vista que poderá resultar em uma vantagem em modificar o status de um fato científico já estabilizado, rebaixando a sua posição, novamente, em uma medida lida em um instrumento inscritor e, portanto, uma sentença inicial. As sentenças primeiras e controvérsias podem ser ressuscitadas, uma vez que estudantes redescobrem inscritores nos fatos científicos, ao olharem para o seu passado de incertezas, podendo produzir literatura científica e discurso com alicerces

persuasivos a partir da compreensão da fabricação dos fatos. Portanto, esses estudantes híbridos transitarão pelos saberes científicos, e explicarão o que os cientistas fazem, sem utilizar a explicação dos cientistas. Há de se destacar a noção de inscridor:

Sociológica por sua própria natureza. Ela permite descrever toda uma série de atividades que se desenvolvem no interior do laboratório, sem que tenhamos que nos preocupar com a grande diversidade de material...Mas um mesmo aparelho, uma balança, por exemplo, pode ser considerado ora como um inscridor (quando utilizado para obter informações sobre um novo composto), ora como máquina (quando usado para pesar um pó), ora ainda, como um aparelho de controle (quando empregada para verificar se uma outra operação se desenvolveu de acordo com o previsto). (LATOURET; WOODGAR, 1997, p. 45).

O laboratório didático pode avançar do seu manuseio tradicional, de mero replicador de experimentos clássicos e dos fatos naturalizados, a partir do excesso de afazeres técnicos nos aparelhos da rotina prática do laboratório, para uma volta ao passado da fabricação do fato da ciência. A reformulação do LabD a partir da *Cultura de Laboratório*, permite ao estudante a compreensão de que os atuais aparelhos naturalizados no laboratório, no seu tempo histórico da fabricação dos fatos, funcionaram como instrumentos de inscrição, os quais auxiliaram e corroboraram no convencimento dos enunciados. Esses aparelhos inscridores contribuíram na transformação de enunciados em fatos, ao afastá-lo das controvérsias e das tentativas da sua conversão em ficção.

O princípio de design da reformulação da episteme e método do LabD, ao provocar a imersão do estudante em processos de investigação, por meio da atividade experimental, o aperfeiçoamento do seu discurso e da sua escrita, ao torná-los mais persuasivos, a partir de uma retórica mais forte, por ser construído da compreensão do processo de fabricação dos fatos. Portanto, o princípio da reformulação do LabD da proposta de ensino da *Cultura de Laboratório*, pode auxiliar os estudantes na compreensão dos saberes científicos, durante a sua fabricação e no seu tempo histórico. Ou seja, através da mediação do laboratório didático, é possível a promoção de uma abordagem simétrica para promoção da percepção da ciência em construção, na medida em que se dá a mesma importância aos enunciados científicos a partir da sua origem, tenham se convertido em fato ou em ficção. A construção da retórica mais forte é de extrema complexidade, portanto, uma abordagem honesta sobre temas

controversos, não deve subestimar e nem superestimar nenhuma das versões da realidade.

Discute-se os contextos reais da natureza e prática científicas, da perspectiva de Latour e Woolgar (1997) e Latour (2011), com a intenção de evidenciar que as caixas pretas da ciência devem ser abertas no ambiente acadêmico da escola, com a intenção da não mitificação da ciência. E, para evidenciar as controvérsias que surgem na abertura das caixas pretas, escolhemos os modelos-réplica de Dutra (2005), além da especulação complexa através da linguagem físico-matemática de Hacking (2012).

Escolheu-se a discussão de modelos-réplica, no sentido de Dutra (2005), sob a luz da antropologia simétrica de Latour e Woolgar (1997), para mostrar a ciência enquanto construto humano e como versão da realidade delimitada em certas condições de contorno. Os contextos históricos, sociais e epistemológicos do saber gravidade, para que os estudantes tenham uma representação de como os cientistas pensam e fazem ciência no tempo histórico da construção do saber. Além de ser uma forma de conectar os estudantes com os saberes científicos e com seu mundo da vida, pode ser através de instrumentos que utilizam no seu dia-a-dia, por exemplo, o aparelho celular, que enquanto instrumento de medida pode se tornar elemento inscritor.

Agora, na sequência didática como transformar o aparelho celular em um inscritor? O smartphone como instrumento inscritor pode ser protagonista, desde que transcenda o seu uso como aparelho que faz chamadas eletrônicas, ou transmissor de áudio e/ou vídeo, ou de interação social e ou outros usos tradicionais. Ou seja, que se torne inscritor, que transforma fatos investigados em literatura, ou que funciona como meio de encontrar outros inscritores, e que podem levar os estudantes ao tempo histórico em que esses instrumentos de inscrição alicerçaram processos de fabricação de saberes científicos. Portanto, o aparelho celular evolui da sua utilização leiga para sua utilização especializada. Por outro lado, sabe-se que a utilização dos aparelhos celulares em sala de aula, também, é um assunto controverso, diante disso trataremos do devido bom uso do smartphone, em termos pedagógicos, na subseção a seguir.

2.2 A UTILIZAÇÃO DOS SMARTPHONES COMO INSCRITOR NO LABORATÓRIO DIDÁTICO

Inserções de aparelhos tecnológicos em atividades de ensino podem se tornar inócuas, quando utilizadas em uma proposta de oferecer uma versão colorida às aulas tradicionais de exposição, de proposta de memorização e reprodução de conteúdo. Conteúdo que é reforçado com treino em listas de exercícios e avaliado, pontualmente, em provas que exigem muito mais da memória do que do aprendizado com significação.

Um modelo tradicional de escola que entendemos pautada em uma metodologia de ensino de treino para avaliações da modalidade “respostas corretas”, conforme Moreira (2014), com princípios propedêuticos quase que exclusivamente de progressão acadêmica, com objetivos pautados exclusivamente na preparação dos estudantes para outros níveis de escolaridade. Educação científica tradicional cuja racionalidade é de preparação para os concursos vestibulares, na perspectiva exclusiva de passagem de um ciclo acadêmico para o próximo, dos ciclos da EB até a universidade.

Com relação a utilização dos aparelhos tecnológicos na escola, é possível destacar que a sua mera inserção em sistemas educacionais não garante a melhoria da aprendizagem, o seu uso de forma não especializada pode até dar cor às tradicionais metodologias de ensino de justaposição de conteúdo, alinhados com uma proposta de transmissão automatizada de conteúdo e de memorização e replicação de resposta corretas. Entretanto, tal colorido não promoverá a aprendizagem dos saberes científicos com significação, conforme Moreira (2011). De tal forma, uma vez alertados, se busca a inserção do aparelho smartphone em uma perspectiva da sua utilização especializada e com a consciência do seu potencial, enquanto instrumento metodológico de processos de ensino e de aprendizagem. Em outras palavras, o ato de incrementar com aparelhos tecnológicos sistemas de ensino nunca podem ser alicerçados no senso comum, para não incorrer na subutilização da tecnologia.

Neste trabalho, escolheu-se salientar sobre as proposições do documento *The NMC Horizon Report: Edição Educação Básica 2015*, que aponta a relevância da inserção de tecnologias nos sistemas de ensino, o documento escrito a várias mãos por especialistas, destaca-se por sua pluralidade. E, no sentido de delimitar o objeto

deste trabalho, das várias tecnologias recomendadas pelo NMC, escolhemos a proposição do BYOD (*Bring Your Own Device*) ou também denominado de BYOT (*Bring Your Own Technology*), na forma de tradução livre, salienta a ideia de “traga seu próprio aparelho ou tecnologia”, que na prática se resume ao fato de quando os estudantes levariam para a sala de aula seus computadores portáteis, por exemplo, seus aparelhos celulares do tipo smartphones.

O aparelho celular, na modalidade smartphone, poderá contribuir em contextos de pensar e fazer ciência no ambiente do laboratório didático de física. Que Ribas, Silva e Galvão (2015) orientam que o ambiente de sala de aula, pode representar um elemento cultural facilitador para a mediação das práticas pedagógicas, no qual o professor especialista nas teorias psicológicas da educação, pode enquanto interventor pedagógico, contribuir com a sua prática de ensino para a promoção das mediações pedagógicas com o respeito da pluralidade cultural.

O smartphone poderá contribuir em contextos de pensar e fazer ciência no ambiente do laboratório didático de física. Que pode representar um elemento cultural facilitador para a mediação das práticas pedagógicas, no qual o professor especialista nas teorias psicológicas da educação, pode, enquanto interventor pedagógico, contribuir com a sua prática de ensino para a promoção das mediações pedagógicas com o respeito da pluralidade cultural. A proposta da sequência didática assume a concepção de que a inserção de uma tecnologia em determinada cultura, não se tem a cultura somada com a tecnologia, mas sim uma cultura transformada, além de que a concepção do uso da tecnologia, segundo Cupani (2013), que contribui com o uso da tecnologia muito além da sua mera manipulação mecânica. E, em termos de mediação no ambiente escolar, a utilização do aparelho celular como recurso didático encontra-se exemplos nas práticas de ensino de física no trabalho de Ribas, Silva e Galvão (2015).

3. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Como uma resposta as limitações do LabD de protocolo tradicional, estruturamos a sequência didática na intersecção entre o racional e o empírico, conforme Bachelard (2009) e Hacking (2012), com equidade do idealismo e do empirismo. Organizamos as atividades experimentais do LabD durante a SD, segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), em que a partir dos três momentos pedagógicos (3MP), metodizar a “interação não neutra entre o sujeito e objeto”, (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2011, p. 183). E, segundo Muenchen e Delizoicov (2014), é necessário construir uma relação racional e de dependência entre os conteúdos que serão trabalhados na sequência didática e as questões com alguma problemática, para provocar discussões e inquietações no estudante por ele não saber.

Nos 3MP, inicia-se com uma situação com contexto e problematizada no primeiro momento, pois é possível proporcionar aos estudantes a apropriação de problemas da ciência da natureza, haja vista que muitos dos fenômenos abordados fazem parte do seu mundo da vida. Por exemplo, saberes associados com a gravidade, em que estudantes, normalmente, explicam por meio do senso comum.

Com relação a organização do conhecimento, acontece no segundo momento pedagógico, através do laboratório de multimodalidade representacional por meio dos modelos-réplica de Dutra (2005). Nesse momento no laboratório os saberes científicos são revirados na intersecção entre o racional e o experimental, a partir dos fenômenos delimitados nos modelos, com a especulação complexa através da linguagem físico-matemática na interpretação dos fenômenos investigados.

E, por fim, no terceiro momento pedagógico a aplicação dos conhecimentos aprendidos com significação em outros contextos, uma vez que os estudantes com a racionalidade ampliada, no sentido de Paty (2003), através do aperfeiçoamento epistemológico das suas representações sobre os saberes associados com a gravidade e dos fenômenos modelados, podem aprimorar o seu discurso em termos do rigor científico.

Tem-se no quadro 1 a síntese da SD, conforme os 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Elaborou-se a sequência didática para que o estudante pense, faça e explique temas da ciência, a partir do tempo didático do LabD de física.

Quadro 1 - Síntese da sequência didática pautada nos momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

Tema	Orientação metodológica	Ações da interferência mediadora/número de aulas
Alegoria para mostrar a ciência como construto humano	Professor	<p>Etapa de preparação dos estudantes para a imersão na racionalidade da sequência didática elaborada na intersecção do racional e empírico da <i>Cultura de Laboratório</i>, através da apresentação de uma problematização associada com uma caixa preta no sentido de Latour e Woolgar (1997), com a intenção de provocar reflexões a respeito de um mesmo fato, mas com a construção de várias narrativas para a explicação desse fato. Trata-se da construção de uma alegoria com a figura da dupla face do Deus Jano para a compreensão dos estudantes que a ciência não deve ser mitificada, mas compreendida como construto humano, portanto passível de falha e de temas controversos.</p> <p>Estimativa de tempo didático: uma aula. (AULA 01)</p> <p>Atividade extraclasse: leitura de artigo disponível no blog Racional & Empírico no link: http://racionaleempirico.blogspot.com/p/segundo-guia-de-fevereiro.html, que traz o artigo de Boris Hessen sobre os contextos epistemológicos, sociais e históricos da produção intelectual de Isaac Newton.</p>
Contextos históricos, sociais e filosóficos dos saberes associados com a gravidade	Primeiro momento: problematização	<p>Depois da imersão dos estudantes na <i>Cultura de Laboratório</i> com a apresentação da alegoria, inicia-se com a primeira intervenção através do suporte na forma de guia instrucional que deve ser entregue aos estudantes, construído alinhado com a proposta de LabD com problematizações e com atividades na intersecção entre o teórico e o experimental, com encaminhamento do trabalho com modelos-réplica para nas condições de contorno investigar o saber gravidade. Com o título do guia instrucional para início dos trabalhos com a questão norteadora: Se o planeta Terra deixasse de existir os objetos ainda cairiam? Por quê? E a Lua, o que aconteceria com ela sem a presença da Terra? E a apresentação do primeiro modelo para medir a aceleração da gravidade. Aqui os estudantes filmarão o experimento para depois utilizarem o filme para análise no software Tracker ou no editor de vídeo localizado no Google Play e com versão gratuita no link:</p> <p>https://play.google.com/store/apps/details?id=com.goseet.VidTrimPro&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwyLDEsImNvbS5nb3NIZXQuVmIkVHJpbVBybyJd</p> <p>Estimativa do tempo didático: uma aula. (AULA 02)</p>

<p>Pensar, fazer e explicar ciência a partir do laboratório de física: com o laboro experimental na interseção entre o racional e o empírico, a partir do saber gravidade na representação de campo gravitacional e de aceleração</p>	<p>Segundo momento: Organização do conteúdo</p>	<p>Na segunda intervenção, depois da problematização a ação será no sentido de construir um primeiro modelo para o cálculo de “g”, este tomado como um tipo de aceleração e através da análise dimensional. Com o modelo os estudantes realizarão medidas de altura com a trena e de tempo com os smartphones.</p> <p>Ainda na segunda intervenção retomaremos os dados obtidos e organizados na tabela 1 do guia instrucional do estudante, e para cada equipe os valores encontrados de “g” divergir, ou seja, o experimento falhou! Aqui será o momento de conduzir o experimento para a discussão de resultados e dos erros e, as equipes deverão ser questionadas quais seriam as possíveis fontes de erros? O Modelo-réplica? As medidas? Ambos?</p> <p>Os estudantes agora irão manusear o aparelho com sensores para investigação de quedas de objetos ou trabalhar com os vídeos dos objetos em queda filmados pelos smartphones e, com as medidas de distância/altura e tempo preencherão uma nova tabela para calcular o valor de “g”.</p> <p>Estimativa do tempo didático: duas aulas. (AULAS 03 e 04)</p>
		<p>Na terceira intervenção o professor questionará os estudantes sobre o valor obtido de “g”, será um bom momento para a utilização da literatura científica que consta no livro didático, pois lá encontra-se o valor de “g” aceito. Porém, diante do valor obtido no livro o professor interferirá provocando os estudantes se aceitarão o dado teórico obtido no livro, ou se preferem buscar um outro modelo - réplica para medir o valor de “g” para que a controvérsia seja resolvida.</p> <p>Estimativa do tempo didático: uma aula. (AULA 05)</p>
		<p>Na quarta intervenção o professor deverá utilizar da linguagem físico matemática para análise dos dados tabelados, com a construção dos gráficos de $d = f(t)$, $d = f(t^2)$, $v = f(t)$ e $a = f(t)$. Mas, o professor retomará os filmes obtidos dos smartphones dos estudantes na primeira intervenção, para que sejam trabalhados no software Tracker (2013) para as escolas que possuírem sala de informática, pois os filmes poderão ser investigados para se obter o valor da aceleração da gravidade, os gráficos e a inclinação da reta. Uma alternativa para as escolas que não dispuserem de computadores, o professor ainda poderá usar de computador pessoal e através de projeção na sala de aula, trabalhar com o programa Tracker de forma demonstrativa com os seus estudantes.</p> <p>Estimativa do tempo didático: duas aulas. (AULAS 06 E 07)</p>
<p>A ciência e seus temas controversos como construto humano</p>	<p>Terceiro momento: Aplicação do conhecimento</p>	<p>Na quinta e última intervenção deverá ser retomado a alegoria da apresentação que trata da dupla face da ciência, representada na figura das duas faces do Deus Jano que será relacionado com assuntos controversos, para a discussão dos modelos apresentados e dos resultados obtidos. É claro que teremos modelos que convergiram e que corroboraram com o valor estabilizado na literatura científica, aqui será um excelente momento para provocar os estudantes a respeito do modelo divergente, o primeiro em que o valor de “g” obtido foi somente a metade do valor da aceleração da gravidade, provocação com a seguinte questão: o modelo - réplica utilizado na primeira experimentação está errado? Ou incompleto? Que desencadeará discussões sobre outras áreas da ciência e os seus assuntos controversos, a partir da sua exposição para os estudantes. Estimativa do tempo didático: uma aula. (AULA 08)</p>

A síntese do quadro 1 da proposta da sequência didática, constitui um conjunto de ações que podem ser aplicadas a partir da apresentação, na forma de alegoria², da ciência pronta versus a ciência em construção. Após a apresentação, as ações da SD podem ser aplicadas na forma de intervenções, para uma turma de 1ª série do ensino médio. O convite aos estudantes para a imersão na *Cultura de Laboratório*, através da apresentação da alegoria da ciência como construto humano, é de suma importância, com o intuito de envolvê-los em cada intervenção. Com relação às ações de cada intervenção, há espaço para replanejamentos e adequações para a próxima intervenção/ações, com a perspectiva dinâmica de potencializar a aprendizagem com significação dos saberes científicos.

3.1 ALEGORIA PARA MOSTRAR A CIÊNCIA COMO CONSTRUTO HUMANO: PARA IMERSÃO DOS ESTUDANTES NA CULTURA DE LABORATÓRIO

Orienta-se, segundo a epistemologia de Latour e Woolgar (1997) e Latour (2011), para que compreenda os encaminhamentos metodológicos, que podem auxiliar a imersão do estudante na proposta de pensar, fazer e explicar ciência a partir do LabD. Pretende-se a partir da sequência didática, contribuir no processo de ensino-aprendizagem, através de um protocolo que se assemelhe, parcialmente, ao pensar e fazer científicos, característicos daqueles cientistas que se envolvem em processos de investigação científica. Cujas atividades profissionais acontecem nos laboratórios que fabricam fatos, que aumentam o realismo científico de sentenças, transformando-os em “*matter of fact*”³, Latour (2013). Entretanto, a metodologia da *Cultura de Laboratório*, está qualificada para de alguma forma representar, mesmo que parcialmente, os cientistas e o que realmente pensam e fazem nos seus laboratórios?

Em outras palavras, nossa proposta de ensino realmente reflete ou, melhor, replica características da cultura do meio científico? Ou, simplesmente, poderíamos ser questionados se já frequentamos o meio cultural do laboro científico, ou se apenas

² Ou seja, uma narrativa de concepções embutidas figurativamente para expressar ideias, no caso para contribuir para desmitificar a representação da ciência, ao mostrar ela como uma fabricação humana.

³ Relacionado com os processos de fabricação dos objetos da ciência e da tecnologia, quando depois da sua estabilização atingem o status de objetos tácitos. Fatos e máquinas que se desvinculam dos seus construtores e, para o fortalecimento da sua naturalização ocorrem esforços para apagar a trilha deixada durante a sua fabricação e, que de certa forma recebem o selo da ciência pronta e o ajuizamento final da natureza que confirma o pertencimento ao seu escopo.

estamos utilizando do bom senso para argumentar? Para responder estas questões, podemos utilizar da perspectiva de Latour e Woolgar (1997), pois eles se colocaram na posição *in loco* no mundo da vida de cientistas, ao seguirem as vivências dos cientistas no Instituto Salk^{4,5}, Califórnia-EUA. Latour, entre 1975-77, teve a oportunidade de deixar a leitura sobre histórias dos laboratórios contadas pelos cientistas, para nos laboratórios do Instituto Salk, vivenciar algumas das histórias e contracenar com alguns dos seus atores principais.

Latour e Woolgar (1997) argumentam que a ciência por constituir uma racionalidade peculiar de alto grau cognitivo, não deixa de ser qualificada como prática social. Portanto, os envolvidos na vida de laboratório, também, precisam, enquanto atores sociais, de instrumentos persuasivos para o convencimento das suas sentenças e nos processos em ocorrem a fabricação dos fatos. Empregou-se no estudo a simetria como princípio metodológico, no qual as sentenças em controvérsia que podem vir a assumir o status de “fato” ou de “ficção”, nos processos de fabricação recebem a mesma atenção, ou seja, vale a pena conhecer a história do enunciado vencedor e do vencido. Há de se destacar que é o método científico que construiu os argumentos mais convincentes, que formaram as melhores redes, o melhor empilhamento e enquadramento, que se tornou “verdadeiro”, ou seja, “em função de um processo social de convencimento que possibilitou que eles fossem reconhecidos enquanto tais” (KROPF; FERREIRA, 1998, p. 592).

Os objetos de investigação da ciência aumentam o seu realismo científico ou aumentam sua materialidade, quando fabricados no laboratório, pois medidas, curvas gráficas, espectros e outros registros que são manipulados nos instrumentos, podem ganhar prestígio de inscrição literária, que darão suporte na fabricação dos enunciados científicos. Os modelos-réplica e os instrumentos que produzem registros sobre os fenômenos, ganham materialidade depois de transformados em fatos, que

⁴ [...] O Instituto Salk encarna a missão de Jonas Salk de ousar transformar sonhos em realidade. Exploramos os próprios fundamentos da vida, buscando novas realidades em neurociência, genética, imunologia e muito mais. Somos pequenos por escolha, íntimos por natureza, destemidos diante de qualquer desafio. Vivemos para descobrir. Seja câncer ou Alzheimer, envelhecimento ou diabetes, entendemos que toda cura tem um ponto de partida.

⁵ Cheguei ao Instituto Salk Vi apenas casamatas de concreto. "Parece que estamos em um filme de ficção científica", diziam com frequência os visitantes. Na esplanada de mármore vazia, desenhada pelo arquiteto Khan, encontrei-me diante de uma mistura de templo grego e mausoléu. Apresentado a Jonas Salk, vi-me diante de um sábio. Disseram-me que para todos os norte-americanos médios este sábio, o homem da vacina contra a poliomielite, é a própria imagem do saber - como Pasteur, o homem da raiva, na França. (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 13).

passam a ser considerados porções da natureza. Os instrumentos, nessa função, funcionam como inscrites e os registros produzidos tornam-se inscrições literárias, que determinam a materialidade dos objetos de investigação.

O laboro do cientista no laboratório constitui uma rotina de promoção da aceitação de determinados enunciados. Para que eles atinjam a posição de “*matter of fact*”. A racionalidade das inscrições científicas e o processo que as envolvem na manipulação dos enunciados, permitem o entendimento dos procedimentos para construção dos fatos. Define-se, segundo Latour (2011), fato científico como um enunciado que foi isolado de qualquer outro enunciado que pudesse modificar a sua natureza. Em outras palavras, encerrou-se a disputa em relação a qualquer controvérsia. Os estudos sobre esse protocolo de construção de fatos representam o objeto central das investigações sobre a ciência fabricada no laboratório.

No livro de Latour “Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora” (2011), traz-se aspectos peculiares da sua vivência no laboratório do Instituto Salk na Califórnia (EUA), nos anos de 1970. Ele seguiu uma nova tática: o de estudar os cientistas em seu habitat natural, tal como antropólogos investigam comunidades isoladas. Acreditamos que os estudos sobre os nativos do laboratório no laboratório, pode contribuir com particularidades que poderemos transpor para a rotina da metodologia de ensino *Cultura de Laboratório*, em particular nesta produção técnica, para um dos seus princípios de design: Reformulação da episteme e método do LabD. Entretanto, antes temos que compreender as particularidades e a racionalidade característicos daqueles que culturalmente tem o seu mundo da vida no laboratório, além de reforçar a compreensão do importante papel do laboratório, enquanto espaço de fabricação de fatos no campo científico.

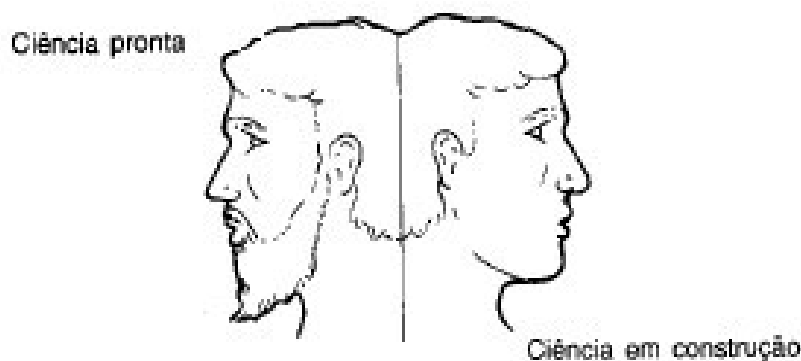
A metáfora de “abrindo a caixa de Pandora⁶”, citada por Latour (2011), que já serviu a tantos outros escritos, vem bem a alinhar-se com as “caixas pretas” das ilhas de racionalidade (IIR) de Fourez (1994), que pode ser utilizado para defender o aprendizado dos estudantes por projetos de investigação científica, conforme defesa no trabalho de Muchenski *et al* (2017), com resultados obtidos a partir de turma piloto em que estudantes promoveram a religação dos saberes científicos de diferentes áreas do conhecimento.

⁶ Pandora, o androide mítico enviado por Zeus a Prometeu.

Latour (2011) escolhe a expressão caixa-preta que é uma expressão utilizada na cibernética, para apresentar um grupo de comandos ou quando uma máquina apresenta muita complexidade. No seu lugar, é esboçada uma caixinha preta, sobre a qual não se faz necessário saber nada, a não ser o que entra na caixa e o que sai dela. Latour (2011) não poderia ter escolhido melhor analogia para representar um saber científico como ele é apresentado na sua forma final estabilizado, com seu passado de controvérsias completamente apagado, pois atingiu a posição de ser considerado natural, o que justifica sua utilização como prático, de posição de realismo científico e como fato da ciência.

Destacamos a figura de Jano⁷, conforme Latour (2011), divindade da mitologia romana, escolha muito apropriada quando se coloca em posições contrárias as “duas faces” da ciência, por ele denominadas à esquerda de “Ciência pronta” e à direita de “Ciência em construção”

Figura 1 - As "duas faces de Jano"



Fonte: Latour (2011, p. 6).

A face da esquerda representa a caixa preta estabilizada, certa e pronta. Livre das controvérsias, decisões, concorrência, incertezas e laboro totalmente indubitável em relação ao seu passado. Já a face da direita, representa as controvérsias em

⁷ Jano trata-se de uma figura mítica romana representada com dois rostos, apresentados olhando em sentidos opostos. Simbolizando dualismo e ambiguidade, feições positivas e a negativa de uma ação ou objeto. As duas faces de Jano, “diametralmente contrárias” (SHIMIDT, 1994, p. 159), representam posições opostas, como o ideal e o material, o concreto e o abstrato. As falas contrárias das faces de Jano, suas incoerências intencionavam naqueles que as ouvissem provocar a confusão.

aberto, pois quando abrimos o passado recente de uma caixa preta é não escolher a grandiosidade da ciência acabada, pelo contrário é investigar a trajetória da ciência em construção com suas características dos processos de fabricação dos fatos: “suspense, jogada, tom prazo de publicação, boquiaberto, seis semanas no máximo” (LATOUR, 2011, p. 10).

Acompanhamos a decisão feita por Latour (2011): “nossa entrada no mundo da ciência e da tecnologia será pela porta de trás, a da ciência em construção, e não pela entrada mais grandiosa da ciência acabada”, (LATOUR, 2011, p. 6). Suscita-se à uma questão fundamental, a de como se equipar previamente antes de ingressar no mundo da ciência e da tecnologia?

Para a primeira aula planejou-se a apresentação de uma problematização associado com uma caixa preta, no sentido de Latour e Woolgar (1997). Além da utilização de seis slides como forma de apresentar a proposta da sequência didática e para provocar a imersão dos estudantes na metodologia de ensino de física da *Cultura de Laboratório*. Com a intenção de provocar reflexões a respeito de um mesmo fato, mas com a construção de várias narrativas para a explicação desse fato.

Trata-se da construção de uma alegoria para a compreensão dos estudantes que a ciência não deve ser mitificada, mas compreendida como construto humano, portanto, passível de falha. Nos slides da apresentação mostra-se exemplos de assuntos controversos no mundo da ciência e representados na forma da imagem das duas faces do Deus romano Jano, com a intenção de mostrar a ciência no centro de controvérsias, e depois quando uma das narrativas se torna estabilizada na literatura científica. Depois das reflexões acerca das caixas pretas da ciência, apresenta-se uma caixa preta de um experimento do livro “Física Mais Que Divertida”, o experimento do multiplicador de água.

Figura 2 - Do livro Física Mais Que Divertida.



Uma vez que se demonstra o experimento, os estudantes podem vir a ser questionados de como funciona o experimento? Pois sabemos que água não foi multiplicada de fato. Após as participações dos estudantes, a caixa preta deverá ser aberta e repetido o experimento, agora diante dos olhos curiosos dos estudantes. Esta intervenção poderá ser encerrada com a explicação do efeito sifão, para fundamentar a “brincadeira” da “multiplicação” de água.

A seguir os slides utilizados na apresentação da alegoria:

<p>CULTURA DE LABORATÓRIO PENSAR, CRIAR E FAZER CIENTÍFICOS</p> <p>Professor Julio Cesar</p>	<p>QUESTÕES</p> <ul style="list-style-type: none"> - O QUE É LABORATÓRIO DIDÁTICO? - O QUE É ATIVIDADE EXPERIMENTAL? - COMO ENSINAR O ESTUDANTE APRENDER CIÊNCIA? - O QUE É CIÊNCIAS, FINAL? (CHALMERS, A.J) 	<p>Jano e as faces da ciência</p> <p>CIÊNCIA PRONTA</p> <p>CIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO</p> <p>> CIÊNCIA PRONTA (VERSUS) CIÊNCIA ACABADA</p>
<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>
<p>4</p>	<p>Laboratório/letramento científico/CTS</p> <p>5</p>	<p>Controvérsia? Ou negação da ciência?</p> <p>Vamos abrir a caixa de Pandora?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento global ou resfriamento global? <p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>

O professor deverá fazer uso dos slides como suporte para a provocação dos estudantes a conhecerem um pouco mais do pensar, fazer e explicar ciência.

1. Explicação, em termos epistemológicos e metodológicos, do design de ensino: Cultura de Laboratório. Além da explicação dos principais procedimentos da organização do espaço do laboratório didático de Física;
2. Problematização do LabD convencional e apresentação do design de ensino CL, a partir de algumas questões relativas a epistemologia da proposta e dos seus princípios de design;
3. Conto sobre o Deus Jano, segundo Latour (2011), com a mostra do experimento do multiplicador de água, para ilustrar a ‘Caixa de Pandora’, com a alusão as ‘caixas pretas’ da ciência e da tecnologia;
4. Realização de analogia com o filme “O quarto de Jack⁸”, para ilustrar como a ciência trabalha com visões de mundo, conforme nossos instrumentos de medida e da capacidade da construção de modelos- réplica do mundo natural, construção de verdades provisórias de concepções de mundo. Neste ponto, provocamos os para tentarem adivinhar a figura coberta por tarjas parciais, as quais fomos retirando uma de cada vez, até a revelação por completo da figura escondida.
5. Fala sobre as forças técnico-científico e o quanto influenciam as vivências dos coletivos em sociedade. Alguns trechos do filme ‘Piratas do Vale do Silício’ ou ‘Pirates of silicone Valley⁹’, do diretor Martyn Burke, de 1999. Utilizamos três cenas em particular: (a) apresentação do mouse e da tela gráfica por funcionários para a cúpula da empresa Xerox, em que o alto escalão da diretoria não enxergou o potencial das ideias; (b) compra do sistema operacional DOS, por Bill Gates e seus associados, de um programador que, também, não partilhava da mesma visão de Gates para

⁸ No filme “O quarto de Jack”, mãe e filho sobrevivem em um cativeiro, em que o contato com o mundo exterior se resume as “visitas” do sequestrador e de uma vista parcial de uma espécie de claraboia. Escolhido para a analogia, justamente pela representação de uma vista parcial que a ciência possui do universo, e que a partir da vista parcial tem que construir narrativas ou versões do todo.

⁹ O filme “Pirates of silicone Valley” retrata a ascensão da Apple e da Microsoft, as duas maiores empresas de informática do planeta. Em busca da liderança do mercado Steve Jobs (Noah Wyle) e Bill Gates (Anthony Michael Hall), fundadores das empresas, enfrentam-se em uma guerra de bastidores. E o panorama da ascensão dos computadores e softwares na transformação de uma era, do mundo antes e depois da popularização das ferramentas computacionais.

o sistema e (c) da negociação de Bill Gates e associados com os executivos da IBM, sobre o licenciamento, mas não venda, dos direitos do sistema DOS para os computadores da IBM, novamente os executivos da IBM não partilhavam da mesma visão de Gates em termos de software, pois para eles o que importava era o hardware.

6. O que é uma controvérsia na ciência? O que é consenso científico? O que é fato? O que é factóide ou fatum? A disputa de narrativas entre o aquecimento global versus resfriamento global, é uma controvérsia?
7. A importância da educação científica, por exemplo, para decisão de uma compra de tecnologia. A diferença entre um usuário leigo de um especialista em tecnologia. Exibimos para os estudantes o vídeo sobre ‘As marcas te manipulam?’, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=4YwPyZf-DDI>. Abrimos a discussão entre preços de computadores de mesma configuração, porém de marcas diferentes;
8. Qual seria o preço mais justo de um smartphone, com configurações similares? Pois, em termos de mercado, pode variar muito o preço, entre um aparelho de mil reais ou outro de oito mil reais, logo, como decidir sobre a melhor compra?
9. Propomos a discussão acerca do texto de ‘Julgamento de Thamus’ em Fedro de Platão.

Após a primeira aula de apresentação da proposta e da imersão dos estudantes na *Cultura de Laboratório*, eles devem ser convidados para conhecerem mais sobre o mundo mecânico de Isaac Newton, assim poderão aumentar a imersão e a compreensão dos contextos históricos, sociais e filosóficos que compuseram o mundo de Newton e que contribuíram para a sua produção acadêmica. A imersão dos estudantes acontecerá através de atividade extraclasse proposta através do blog Racional & Empírico, encontrado no endereço: <http://racionaleempirico.blogspot.com.br>.

Com ênfase que a atividade extraclasse é de suma importância como aporte histórico, social e filosófico, pautados na leitura de artigo de periódico com embute no blog. Além da leitura, a atividade no blog permitirá a interação entre os estudantes, ao

postarem suas produções relativas à atividade proposta e comentarem as produções de outros estudantes, com a possível mediação do professor. A atividade de leitura extraclasse dos estudantes disponível no blog será detalhada na próxima subseção.

3.1.1 Para Transcender o Tempo Escolar: Momento do Estudante Para Ler, refletir e Escrever

É fundamental provocar a imersão dos estudantes na forma da proposta de ensino *Cultura de Laboratório*. Diante disso, para potencializar no estudante o sentimento de pertencer a cultura de pensar, fazer e explicar ciência, deve-se estender o tempo escolar através de leituras de suporte ao saber abordado, para preparar os estudantes para as demais intervenções da sequência didática. Mas, como transcender o tempo didático das atividades do LabD na sequência didática?

Para transcender o tempo escolar para criar rotinas de estudo, para ampliarmos a percepção dos estudantes, com o aperfeiçoamento epistemológico dos saberes do mundo mecânico de Newton, através da formação continuada dos estudantes, por exemplo, utilizamos o blog Racional & Empírico para que os estudantes acessassem o material de apoio do curso de Física. Vídeos e textos científicos disponíveis no blog podem ser vantajosos para estender o tempo escolar, pois nesse espaço de interação estabelecemos a extensão da sala de aula, em caráter formativo, com a iniciação dos estudantes na literatura científica. Coloca-se a seguir uma imagem do blog:

Figura 3 - Blog Racional & Empírico



O blog com o título Racional&Empírico, no endereço: <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/>, enquanto instrumento de suporte pedagógico, deve ser inserido nos planos de aula, uma vez que media os saberes da física na sequência didática integrada com o LabD que se situa na intersecção do racional e empírico. Há possibilidades de se embutir documentários em vídeos do youtube, simuladores, artigos científicos e propostas de atividades de pesquisa. De tal forma, que a metodologia de ensino de física, com as sequências didáticas, pode ser cadenciada para aumentar a exigência da abstração, associada com a articulação da linguagem físico-matemática das atividades teórico e experimentais.

A intenção, sob a luz da alfabetização científica, é proporcionar aos estudantes outras perspectivas do que é a ciência? Para contribuir com a forma que os estudantes compreendem e formam imagens do mundo científico. Com o intuito de auxiliar a desconstrução da representação da ciência como doutrinária, infalível e imutável, para uma forma exatamente oposta, ou seja, uma ciência representada na forma de processo em construção. De modo que, o estudante possa aumentar sua criticidade diante dos fatos da ciência e dos objetos da tecnologia. Outro viés da proposta do pensar e fazer ciência no LabD é promover uma certa especialização do estudante no enfrentamento das questões que envolvem as forças técnico-científicas que emergem dos laboratórios da ciência trabalhadora e que influenciam o mundo dos coletivos sociais.

Outro ponto em relação ao blog, é a criação de ambientes para discussão acerca das atividades propostas, que podem ser sobre temas controversos ou para provocar a investigação científica. Por exemplo, com a atividade de leitura conduzida a partir de uma questão norteadora, conforme a atividade componente da sequência didática, com a leitura do artigo de Boris Hessen: *As raízes sociais e econômicas do "Principia" de Newton*, da Revista Brasileira de Física. Para os estudantes conhecerem mais sobre o mundo mecânico de Isaac Newton.

Figura 4 - Imagem do blog e da atividade proposta sobre o mundo mecânico de Isaac Newton

Parcelas

Seguidores (10)



[Seguir](#)

Páginas

- Apresentação
- REAÇÃO AO PODCAST SÉRIE DA FÍSICA
- REAÇÃO AO PODCAST GAIHNHDS
- REAÇÃO AO PODCAST TRANSPÊNDIA DE CALOR
- REAÇÃO AO PODCAST "EIO GRAUS CASI"
- REAÇÃO AO PODCAST "MEU DEUS ESTÁ MUITO QUENTE"
- REAÇÃO AO PODCAST ADEUSAMENTO VERSUS RESFRIAMENTO
- REAÇÃO AO PODCAST SOB CONTROLE
- REAÇÃO AO PODCAST CÔLO CASI
- Podcast: Serenata Física
- Podcast: Casais de esp.
- Podcast: Oito de Camis - 213 GrausCasi
- Podcast: Oito de Camis, CasCast
- Podcast: Combustivos, Sob Contro
- Podcast: MEU DEUS ESTÁ MUITO QUENTE 2
- Podcast: motor combustão interna
- Podcast: Galileias Combustível

Artigo de Boris Hessen_1 ano

Iniciamos por desconstruir aspectos de endoamento da figura pictórica de um Newton gênio, cujo trabalho avançou o desenvolvimento da ciência e tecnologia, provavelmente associada com uma visão animista e de valorização *A priori*, característicos de uma formação escolástica, em que "o fenômeno Newton é visto como devido a uma espécie de bondade da divina providência", (Hessen, 1984, p. 38). "Ele que nasceu no dia de Natal e que não conheceu o pai, acabou tornando-se o amuleto do "grande sábio", uma espécie de Deus Pai da Física". (Thullier, 1994, p. 149).

Pois tal representação aponta através uma análise mais objetiva da produção do acadêmico, matemático e cientista e não valoriza todo o mérito que há na certeza do esforço que Newton desempenhou para aperfeiçoar seu perfil epistemológico, em relação as várias entidades técnicas que abarca no "Principia".

O ápice das atividades de Newton coincide com o período da guerra civil inglesa e todos os problemas práticos associados com tal período, a análise marxista das atividades "consistirá antes de tudo num entendimento de Newton, seu trabalho e sua visão da mundo. Como o produto desse período", (Hessen, 1931, p. 38). Em outras palavras não temos como exorcizar a mentalidade de Newton, porém podemos procurar possíveis inspirações que impressionaram o espírito científico de Newton, pois temos pistas do mundo em que ele estava inserido.

Os problemas técnicos que coincidem com o período da produção newtoniana, estavam relacionados com os meios de comunicação e a indústria, em especial a indústria da guerra. Para o nosso mote de investigação e que está relacionado com a lei fundamental dos movimentos e a indústria da guerra, Hessen (1984) contribui apontando-os no artigo que indicamos no link abaixo:

Artigo: As relações sociais e econômicas do "Principia" de Newton

Também como ilustração para ajudar na representação do homem da ciência, que foi Isaac Newton, assista o vídeo de forma orientada pela mesmas questões norteadoras. A seguir o Link do filme:



Documentário sobre Isaac Newton: a gravitação do gênio.

Atividade proposta:

- 1) Realize a leitura do artigo de Boris Hessen que indicamos, de forma atenta com a ideia de uma representação do Newton como um solucionador de problemas;
- 2) Depois da leitura orientada poste os principais problemas técnicos que Newton teve que se preocupar na época do seu exercício como físico e, indique com que área da mecânica cada problema foi relacionado;
- 3) Comente a postagem de pelo menos dois outros colegas cursistas, em relação aos problemas apontados e o seu grau de importância para a época que Newton viveu;
- 4) Não esqueça de identificar-se para a atividade ser considerada como completa, exemplo de identificação nome_1 ano.

16 comentários:





Até porque é função do blog auxiliar na imersão dos estudantes na literatura científica, para que o estudante na formação no trabalho acadêmico, familiarize-se e naturalize-se com a literatura científica, pois somente ao se acostumar com peculiaridades e tecnicidades dessa forma de escrita, é que eles poderão incorporar na sua própria cultura algumas das nuances dos nativos da ciência trabalhadora.

Na próxima seção apresenta-se mais detalhes dos 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, (2011). Os momentos pedagógicos que utilizamos para organização da SD de cunho teórico e experimental, na forma das intervenções com a utilização do LabD.

3.2 MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Muenchen e Delizoicov (2014) orientam estabelecer-se uma relação de lógica entre as questões problematizadas e o bloco de conteúdo que se deseja trabalhar na sequência didática, com a intenção de provocar inquietações nos estudantes, de tal forma a provocar discussões e incômodos pela falta de não conhecer as respostas ou estas se mostrarem frágeis ao exercício dialético do contraponto.

O tema gravidade e saberes relacionados fazem parte das vivências dos estudantes, que já possuem representações a respeito desses saberes. Imagens alicerçadas no senso comum e impressionadas pelas primeiras vivências forjadas em um certo empirismo claro e um realismo ingênuo. Diante disso, a problematização inicial pode se conectar com essas primeiras impressões dos estudantes, inclusive para inquietar os estudantes, a partir das suas limitações em compreender temas associados com a gravidade, a partir do seu senso comum, ainda, estreitado.

De tal forma, foi elaborado a *problematização inicial* com uma ficção plausível dos populares reality shows de sobrevivência, em que o personagem fictício encontra um empasse para avançar no deslocamento da sua aventura. A problematização pode estabelecer uma conexão com as vivências dos estudantes, para se estudar o saber gravidade com turmas da 1ª série do ensino médio (EM). Na medida em que se desenrolar da atividade, proposto o saber em diferentes modelos-réplica, às vezes, relacionado a ideia de campo gravitacional e, outras vezes, como aceleração da gravidade.

Adaptou-se a partir do trabalho de Silva (2004), encaminhamentos para as intervenções pedagógicas. Apresenta-se no quadro 2 a síntese das intervenções, com o intuito de resumir as ações que podem ser trabalhadas na SD.

Quadro 2 - Intervenções depois da aula da apresentação da alegoria da ciência em construção

<p>Gravidade como modelos replica de aceleração construído a partir de análise dimensional e como variação da velocidade no tempo e também como definição de campo gravitacional</p>	<p>Estudo da realidade: Problematização</p>	<p>PRIMEIRA INTERVENÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Provocar uma certa imersão dos estudantes com a exibição de um pequeno trecho do início do filme Gravidade (no original em inglês, <i>Gravity</i>) é um filme de aventura e suspense de 2013, dirigido, co-escrito, co-editado e co-produzido por Alfonso Cuarón. ➤ Entregar guia instrucional de suporte da sequência didática. ➤ Preparar os estudantes para discussão sobre as questões relacionadas com a problematização. ➤ Se o planeta Terra deixasse de existir os objetos ainda cairiam? Por quê? E a Lua, o que aconteceria com ela sem a presença da Terra? ➤ Provocado o desconforto dos estudantes do não saber, com a situação problematizada da ficção do aventureiro de reality show. ➤ Deve ser oportunizado alguns minutos para que os grupos discutam e tentem responder a problemática. ➤ Deve ser oferecido a trena e permitir a utilização dos smartphones como instrumentos de medida. <p>Estimativa do tempo didático: uma aula/ (AULA 02).</p>
	<p>Organização do conhecimento</p>	<p>SEGUNDA INTERVENÇÃO/PARTE I</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Para manter a imersão dos estudantes com o saber gravidade, retoma-se a aula com um pequeno trecho da live: NASA LIVE STREAM / PLANETA TERRA VISTO DO ESPAÇO (OFICIAL BR)™, com acesso no link: https://www.youtube.com/watch?v=ibgrWiXQVEE ➤ Alguns slides: para trabalhar os contextos históricos, sociais e filosóficos da noosfera do saber gravidade e do mundo mecânico de Isaac Newton, da ideia de interações e forças e da Lei da Gravitação Universal. ➤ Ilustração da Lei da Gravitação Universal através do simulador do PHET, no endereço: https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-labhttps://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab-basics/latest/gravity-force-lab-basics_pt_BR.htmlbasics/latest/gravity-force-lab-basics_pt_BR.html ➤ Os estudantes constroem o primeiro modelo réplica para determinar o “g” a partir de uma análise dimensional quando tratado como uma aceleração da gravidade. ➤ Realizam medidas de tempo e distância com trenas e celulares, organizam os dados em tabelas e calculam os primeiros valores para “g” como uma aceleração. ➤ Realizam filmes da queda dos objetos com seus smartphones para eventuais análises em editores de vídeo ou com maior especialização no software Tracker. <p>Estimativa do tempo didático: uma aula / (AULA 03).</p> <p>SEGUNDA INTERVENÇÃO / PARTEII</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Retoma-se a tabela com os valores de “g” e que de grupo para grupo houve divergência. Discussão dos primeiros resultados e as possíveis fontes de erro. ➤ Proposta da utilização de instrumentação com foto sensores para a possível correção de erros de medida de tempos e de distâncias. ➤ Organização dos novos dados em uma nova tabela, e a discussão com os grupos sobre a convergência do valor de g para aproximadamente 4,9 m/s². ➤ Convite aos estudantes a consultar na literatura científica, por exemplo no próprio livro didático ou na internet, sobre o valor teórico de “g”. E um convite a uma nova experimentação a partir de um outro modelo - réplica para resolver o impasse entre o teórico e o experimental. <p>Estimativa do tempo didático: uma aula / (AULA 04).</p>

	Organização do conhecimento	<p>TERCEIRA INTERVENÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Proposta de um novo modelo - réplica para o cálculo de “g”, mas agora conforme a definição de campo gravitacional. Com a retomada dos slides para orientar os estudantes. ➤ Organização dos dados medidos e dos cálculos para análise e discussão. ➤ A controvérsia está instaurada: aqui deve se promover a discussão entre os modelos utilizados e os resultados divergentes encontrados. Como decidir a controvérsia? ➤ Apesar do segundo experimento corroborar com o valor teórico da literatura, os estudantes devem ser convidados a praticar um último experimento, com o modelo - réplica $g = v/t$, que corrobora com o valor de “g” próximo de $9,8 \text{ m/s}^2$. Estimativa do tempo didático: uma aula / (AULA 05).
		<p>QUARTA INTERVENÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nas escolas que houver sala de informática abre-se a possibilidade de trabalhar os filmes realizados na segunda intervenção no software Tracker. Em caso contrário será possível trabalhar os filmes em editores de vídeo nos smartphones. ➤ Utilizar da linguagem físico matemática para análise dos dados tabelados, com a construção dos gráficos de $d = f(t)$, $d = f(t^2)$, $v = f(t)$ e $a = f(t)$. E investigação das relações de proporcionalidade entre as grandezas correlacionadas. Cálculos de inclinação de reta e o seu significado conforme análise dimensional e cálculo da área do gráfico de $v = f(t)$ para mostrar que é igual ao deslocamento. Estimativa do tempo didático: duas aulas / (AULAS 06 E 07).
	<p>QUINTA INTERVENÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Extrapolar para a discussão de modelos - réplica utilizados pela ciência, a possível divergência dos resultados para diferentes modelos, da possível correção de modelos. Por fim, revisitar a alegoria da primeira intervenção, para a mediação de reflexões com os estudantes de como a ciência é uma construção daqueles que pensam, criam e fazem ciência. ➤ Mostrar que se trata de um movimento retilíneo uniformemente variado. ➤ Relacionar com as leis de Newton. ➤ Lançamento de satélites e as telecomunicações. ➤ Correções relativísticas que devem ser realizadas entre o tempo dos satélites e o tempo dos smartphones e seus respectivos GPS. ➤ Outros modelos gravitacionais, como a relatividade geral de Einstein. <p>Estimativa do tempo didático: uma aula / (AULA 08).</p>	
<p>Momentos pedagógicos: ER = Estudo da Realidade; OC = Organização do Conhecimento; AC = Aplicação do Conhecimento.</p>		

Primeiro momento pedagógico: Imersão dos estudantes sobre o tema gravidade e a apresentação de contextos com problemáticas

Na primeira intervenção, na aula 02, há como suporte um guia instrucional, construído alinhado com a proposta de LabD com problematizações e com atividades na intersecção entre o teórico e o experimental, com encaminhamento do trabalho

com modelos-réplica, sob as condições de contorno, investigar o saber gravidade. Com o título do guia instrucional para início dos trabalhos com a questão norteadora: Se o planeta Terra deixasse de existir, os objetos ainda cairiam? Por quê? E a Lua, o que aconteceria com ela sem a presença da Terra?

Na figura 5 o trecho parcial do guia instrucional que o professor proporá para os estudantes, com a problematização:

Figura 5 - Trecho do guia instrucional, o texto integral está no anexo I

Se o planeta Terra deixasse de existir os objetos ainda cairiam? Por quê? E a Lua, o que aconteceria com ela sem a presença da Terra?

Há vários canais do youtube que se dedicam em desmanchar os prazeres (spoilers) de assistir determinado filme, não é diferente para o canal Nerdologia quando trata do filme Gravidade (Gravity, 2013). Entretanto, mesmo com alguns pontos falhos em termos de precisão científica, o filme ilustra com um certo realismo a interação gravitacional, além de uma certa imersão ao contexto da sensação¹ de ausência de gravidade.

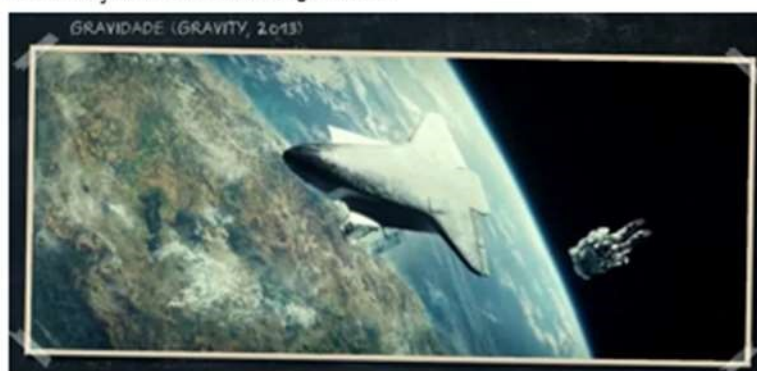


Figura 1: Imagem do filme Gravidade (2013) divulgada no canal Nerdologia. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=CcM4eE4R0Q>, em 08/02/2017.

E a imagem da live do consórcio entre a Nasa e a empresa Amazon:



Figura 2: Imagem ao vivo da NASA LIVE STREAM / PLANETA TERRA VISTO DO ESPAÇO (OFICIAL BR)™. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=lbgrWVQVEE>.

Problematização (Aceleração da gravidade e campo gravitacional):

Em um canal do youtube de entretenimento, especializado em reality show de sobrevivência em condições extremas na natureza selvagem, um aventureiro em um dos episódios no sul da região da patagônia, no interior de uma caverna reluta em saltar em um buraco, cujo fundo não aparece devido a escuridão. Ele descreve que recordou das suas aulas de física do ensino médio e lembrou um parâmetro para decidir se deve ou não arriscar o salto: o tempo. Que para medir encolhe abandonar uma pedra no buraco e cronometrar o tempo decorrido do abandono até o instante que escuta o som da pedra que tocou a superfície da água no fundo do buraco. O tempo medido é composto pelo tempo que a pedra levou para chegar na superfície da água somado com o tempo para o som da pedra que tocar a água chegar aos seus ouvidos.

Ele argumenta que devido à alta velocidade do som, comparado com a variação da velocidade durante a queda, o tempo do som da superfície de água até seus ouvidos pode ser desconsiderado. E, portanto, o tempo que ele mediu de 1,2 s seria o tempo aproximado.

- a) Você considera plausível o mérito da abreviação do tempo pelo aventureiro?
- b) É seguro o salto em termos relativos a profundidade do buraco? Aponte em que fundamentos você realiza tal afirmação?
- c) É possível com o tempo de queda descobrir essa profundidade? Caso seja possível ajude o aventureiro a calcular a profundidade do buraco até chegar na superfície da água.

Após a problematização na primeira intervenção, o professor pode encaminhar os trabalhos, no sentido de construir um primeiro modelo, em parceria com os estudantes para o cálculo de “g” na segunda intervenção, esse modelo tomado como um tipo de aceleração e obtido a partir da análise dimensional.

Segundo momento pedagógico: Os modelos-réplica na intersecção entre o teórico e o experimental

Na parte I da segunda intervenção, na aula 03, primeiro deve-se realizar uma sequência de slides com a intenção de retomar conteúdos associados com a lei da gravitação universal e da ideia de campo gravitacional, para a retomada da imersão no estudo da gravidade, iniciar a aula com imagens disponíveis na

NASA *live stream* / planeta terra visto do espaço (oficial br) TM, com acesso no link: <https://www.youtube.com/watch?v=ibqrWiXQVEE>.

A seguir uma sugestão de slides, que fazem parte da apresentação integral que consta no anexo II:

Figura 6 - Parte da apresentação para encaminhar a experimentação para determinar o valor de "g"



9



10



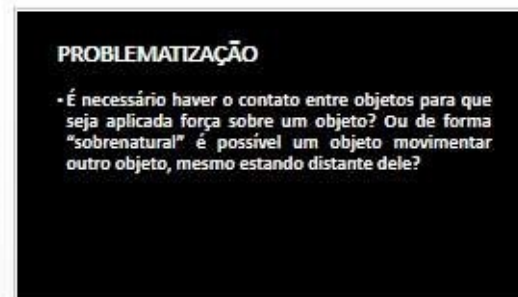
11



12



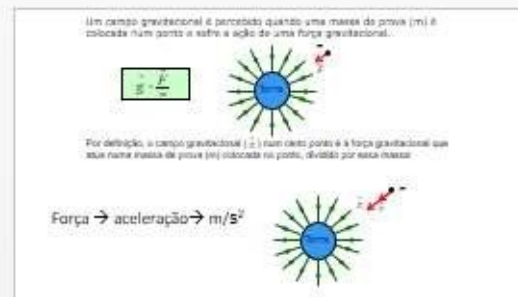
13



14



15

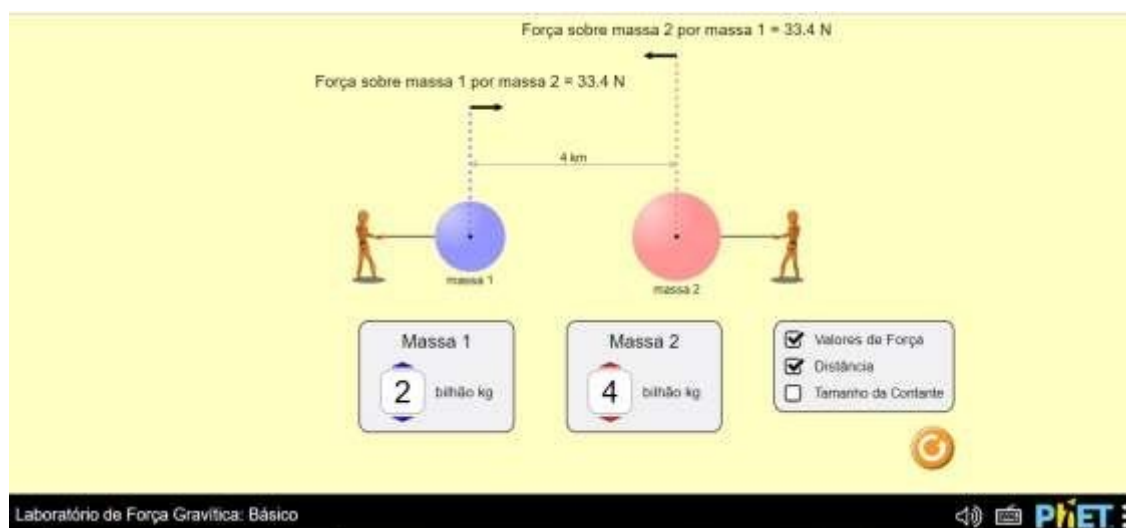


16



Além dos slides da apresentação parcial, também deverá ser utilizado o simulador do PHET, em que os estudantes poderão simular a força de atração gravitacional, alterando a distância e a massa de objetos que mutuamente se atraem. A seguir uma imagem do simulador retirado do PHET: https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab-basics/latest/gravity-force-lab-basics_pt_BR.html

Figura 7 - Imagem do simulador do PHET



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab-basics/latest/gravity-force-lab-basics_pt_BR.html

Os estudantes devem ser divididos em equipes, e disponibilizado a eles um tempo para que discutam e encontrem a relação de $g = L/T^2$, que, obviamente, se sabe que durante a experimentação será encontrado a metade do valor da aceleração

da gravidade da Terra. Entretanto, antes dos cálculos, os estudantes precisam pensar o experimento, de como conseguir as medidas experimentais? É claro, que trenas devem ser oferecidas aos estudantes, e, para as medidas de tempo, deve-se pedir que contribuam com seus aparelhos smartphones. Conforme a imagem a seguir:

Figura 8 - Fotografia de uma trena e um smartphone similares aos que os estudantes usarão



Fonte: autor

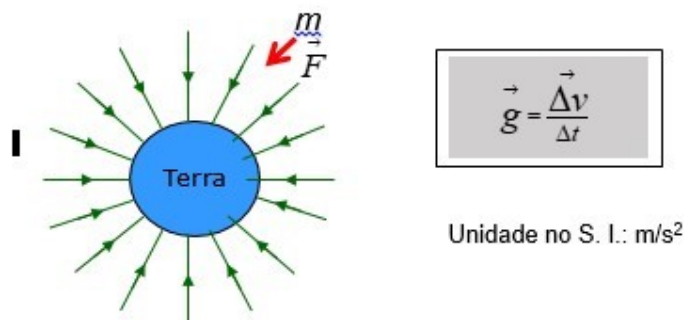
Os estudantes, rapidamente, perceberão que não são bons medidores de tempo, então o papel do professor será o de interferir e realizar uma discussão acerca de qual seria a melhor forma de melhorar as medidas de tempo. Provavelmente, os estudantes darão várias soluções, entretanto, deve-se preferir o trabalho com médias dos tempos para uma mesma altura. Ou obter o tempo para determinada altura a partir de um editor de vídeo, com a análise da filmagem do objeto em queda. Os alunos devem utilizar, praticamente, toda esta aula realizando as medidas de tempo e de altura, para depois realizar os cálculos para obterem o valor parcial do “g”. O guia instrucional deve ser disponibilizado aos estudantes, para que organizem a constituição dos dados em uma tabela, conforme a imagem da figura 9. O guia instrucional localiza-se na sua forma integral no anexo I.

Figura 9 - Trecho parcial do guia instrucional, para o primeiro modelo réplica para o cálculo de "g"

ANÁLISE DIMENSIONAL E INVESTIGAÇÃO DE MODELO

Tipo da física – Aceleração da gravidade associado ao campo gravitacional

Um corpo colocado próximo à superfície da Terra, sofre a ação de uma força gravitacional e cai com uma aceleração igual a aceleração da gravidade.

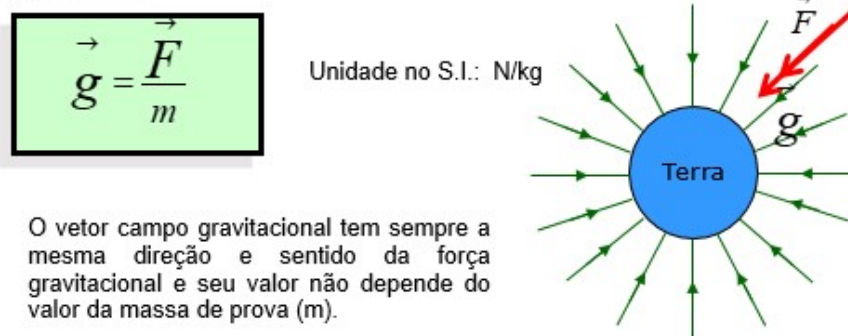


O conceito de campo surgiu da necessidade de explicar a ação de forças a distância. Podemos dizer que um campo gravitacional existe numa região do espaço quando, ao colocarmos uma massa (m) nessa região, tal massa é submetida a uma força gravitacional.

O campo gravitacional pode ser entendido como sendo uma entidade física que transmite a todo o espaço a informação da existência de uma massa (M) e, ao colocarmos uma outra massa (m) nesta região, será constatada a existência de uma força de origem gravitacional agindo nesta massa.

Consideramos a noção de campo como sendo algo responsável pela mediação da interação entre corpos a uma certa distância um do outro, sendo uma alternativa para a ideia da ação à distância.

Por definição, o campo gravitacional (g) num certo ponto é a força gravitacional que atua numa massa de prova (m) colocada no ponto, dividido por essa massa:



O vetor campo gravitacional tem sempre a mesma direção e sentido da força gravitacional e seu valor não depende do valor da massa de prova (m).

➤ **Primeiro passo: equação dimensional de “g” como uma aceleração.**

Comprimento – L

Tempo – T

Massa - M

Escreva utilizando os elementos ao lado uma possível equação para a aceleração da gravidade conforme o modelo de aceleração, observe com o grupo a unidade utilizada:

$g =$

Medida I: Agora contribua na decisão do grupo o que deve ser medido para determinação do valor de “g” e preencha a tabela a seguir, utilizem os instrumentos de medidas disponíveis (trena e celulares):

Tabela 1: tabela para o cálculo de “g”, utilizando como dispositivo cronômetro manual.

			$g \text{ (m/s}^2\text{)}$

Na parte II da segunda intervenção, na aula 04, o professor deve encaminhar a atividade para que os estudantes retomem os dados obtidos e organizados na tabela 1, e para cada equipe os valores encontrados de “g” irá divergir, o que significa esta divergência, os estudantes devem ser provocados com a seguinte questão: O experimento falhou?

Aqui será o momento de conduzir o experimento para a discussão de resultados e dos erros. As equipes devem ser questionadas de: Quais seriam as possíveis fontes de erros? Pode ser o modelo-réplica? Podem ser as medidas? Ou ambos? Depois de algum tempo será provável que os estudantes convirjam para a ideia de que o erro pode ser a medida de tempo, pois ele é de caráter subjetivo no manuseio do aparelho celular. Neste instante, será interessante mostrar um outro aparelho, com a utilização de fotossensores e de precisão, para medida de distância/altura e de tempo, em escolas que não possuam aparelhos com tal sofisticação, o aparelho celular poderá ser utilizado para filmar a queda do objeto e com um editor de vídeo, é possível obter uma medida de tempo com uma boa precisão.

Figura 10 - Aparelho para medir tempo e distância com a utilização de foto sensores



Em seguida, o professor deve orientar para que os estudantes manuseiem o aparelho com fotossensores para investigação de quedas de objetos. Ou então para que realizem os filmes dos objetos em queda e usem um editor, e, com as medidas de distância/altura e tempo, preencham a tabela 2, para calcularem o valor de “g”.

Figura 11 - Outro trecho do guia instrucional que consta do anexo I. A tabela do valor de “g” calculado a partir dos dados do aparelho com foto sensores

Medida II: agora meça os mesmos elementos, porém com o aparelho de medida de tempo com sensores, e preencha a tabela a seguir e determine o valor de “g”

Tabela 2: tabela para o cálculo de “g”, utilizando como dispositivo com foto-sensor.

L(m)	T(s)	T ² (s ²)	g (m/s ²)

O professor pode provocar a atenção dos estudantes em relação ao experimento e a tabela 2, pois agora as equipes convergirão para um valor parcial, porém único de “g”, principalmente se trabalharem com as médias. Portanto, a discussão poderá ser retomada sobre o valor obtido de $g \sim 5 \text{ m/s}^2$.

Na terceira intervenção, na aula 05, o professor que aplica a sequência didática deverá questionar os estudantes sobre o valor obtido de “g”, será um bom

momento para a utilização da literatura científica que consta no livro didático, pois lá encontra-se o valor de “g” aceito. Porém, diante do valor obtido no livro, o professor interferirá provocando os estudantes se aceitarão o dado teórico obtido no livro, ou se preferem buscar um outro modelo-réplica para medir o valor de “g”, para que a controvérsia seja resolvida. Neste instante, a discussão deverá ser conduzida pelo professor de forma hábil, para a construção do modelo-réplica para o cálculo de “g”, a partir da definição de campo gravitacional ($g = \text{força-peso}/\text{massa}$), depois de construído o modelo os estudantes devem ser novamente convidados a experimentação, providos de algumas massas e de um dinamômetro.

A seguir, outro trecho parcial do guia instrucional, que consta na sua forma integral no anexo I:

Figura 12 - Trecho do guia instrucional relativo ao outro modelo - réplica associado com campo gravitacional

➤ **Segundo passo: conferindo “g” como definição do quociente da força por massa.**

É necessário haver o contato entre objetos para que seja aplicada força sobre um objeto? Ou de forma “sobrenatural” é possível um objeto movimentar outro objeto, mesmo estando distante dele?

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Medida III: utilizando o dinamômetro e o cilindro metálico disponibilizados, meça a força gravitacional (força-peso) indicada no dinamômetro para a massa do cilindro complete a tabela a seguir:

Tabela 3: tabela para o cálculo de “g”, utilizando como dispositivo o dinamômetro.¶

Massa (kg)	Força-peso (N)	$g = F/m$ (módulo) (N/kg)
0,200		



Os estudantes anotarão as medidas de massa e de força-peso, em uma tabela e calcularão o valor do campo gravitacional. Depois de calculadas as médias, as equipes obterão valores de “g” próximos do 9,8 N/kg, que reforçará o valor teórico do

livro, portanto, corroborando com a narrativa da literatura científica do livro didático. Para acabar com a controvérsia dos valores divergentes, nesta mesma interferência, os estudantes devem ser convidados a mais uma experimentação, com a utilização do aparelho com fotossensores para medida de tempo e distância/altura. Eles utilizarão um último modelo-réplica, o da definição de aceleração média ($a = \Delta v/\Delta t$), pois o aparelho permite, também, a medição de velocidades instantâneas. Os estudantes realizarão as medidas e encontrarão um valor próximo de “g” = 10 m/s². Pronto, muitos dados e fatos para discussão na próxima interferência.

A seguir na figura 13, mais um trecho parcial do guia instrucional dos estudantes que consta no anexo I, com a tabela 4 e as questões para reflexões sobre a sequência didática, que deverão ser iniciadas pelos estudantes sob orientações do professor. A orientação do professor deve ser encaminhada de modo que os estudantes continuem com a atividade para além do tempo escolar, ou seja, deverão realizar como atividade extraclasse, com a intenção de prolongar o tempo escolar e potencializar a atividade teórico e experimental, que se inicia no chão de sala de aula, mas que deve transcender para o mundo da vida dos estudantes.

Na sequência a figura 13:

Figura 13 - Guia instrucional parcial relativo a outro modelo réplica e questões que os estudantes devem responder e que servirão para discussão na próxima interferência

➤ **A CONTROVERSIA**

Comparando a tabela 2 com a tabela 3 para o valor de “g” houve divergência? Como resolver tal controvérsia? E, se medíssemos a velocidade instantânea do objeto utilizando foto-sensor para distâncias da tabela 2, com as medidas determinar o valor de “g” como $\Delta V/\Delta t$.

Medida IV: realize a medida da velocidade instantânea para duas das distâncias da tabela 2. Preencha a tabela 4 com os valores que aparecerem no visor do instrumento de medida, e calcule a aceleração “g” do objeto.

Tabela 4: Cálculo de “g” como $\Delta v/\Delta t$.

Δd (m)	$V_{inicial}$ (m/s)	V_{final} (m/s)	ΔV (m/s)	Δt (s)	$g = \frac{\Delta V}{\Delta t}$
0,200					
0,300					

Questões:

- a) Diante das limitações do experimentador em acionar em tempo hábil o cronômetro do celular, qual das medidas, I ou II, o grupo considera mais confiável? Justifique a escolha do grupo.
- b) Quais as dificuldades apontadas em medir em relação aos instrumentos disponíveis para a **medida I**? Como promover uma medida mais precisa utilizando os mesmos instrumentos? Preste atenção na discussão no grande grupo e as decisões encaminhadas.
- c) Considerando o valor determinado na tabela da **medida II**, ele se aproximou do valor tabelado $9,79 \text{ m/s}^2$, e próximo do valor da **medida III**? Caso o grupo não tenha encontrado o valor esperado discuta com o grupo e considerando a **medida IV**, retome a equação dimensional e a corrija caso seja necessário, para que se adeque ao valor de consenso (medida III e IV) e, escreva a nova equação dimensional.
- d) Você lembra do problema inicial e do aventureiro, calcule a profundidade do buraco utilizando a equação corrigida no item "c":
- e) Deixando cair duas folhas de papel iguais, da mesma altura e no mesmo instante, sendo uma aberta e outra amassada. Por que a folha amassada chega primeiro ao chão?
- f) Se, de uma certa altura, deixarmos cair o livro de Física, uma caneta e uma borracha, o que podemos afirmar com respeito às acelerações "g" sobre cada elemento? (Desconsidere a resistência do ar).

No final da terceira intervenção, ainda na aula 05, os estudantes já deverão ter formado representações dos saberes científicos explorados nos diversos aparelhos experimentais, que iniciara de modo mais artesanal e improvisado, mas que fornecem, por exemplo, alguma geometrização através das relações de proporcionalidade. Depois a sequência é incrementada com aparelhos mais sofisticados do ponto de vista tecnológico, que permitem o aumento do realismo das entidades, pois são calculadas e relacionadas com outras entidades, com boas aproximações, entre os modelos investigados e tratados por uma geometrização que os estudantes passam a dominar com certa facilidade e familiaridade.

Os estudantes acabam podem vir ao longo da SD, por adquirir o perfil de experimentador que se chama de observador alerta, que sabe buscar equivalências no emaranhado de números nas tabelas. Experimentador que reconhece nos dados embaralhados aproximações com os modelos-réplica, e que vai além da repetição de cálculos, pois passa a identificar as anomalias e que prossegue na busca das possíveis fontes de erro e com decisões de como proceder para aperfeiçoar os experimentos, para retificar e corrigir os pontos falhos.

De tal forma, que na quinta intervenção é o momento de reflexões a partir de análises pautadas na linguagem físico-matemática, capazes de, a partir das questões colocadas no final na quarta intervenção, avançar para a construção dos gráficos,

cálculo das constantes e formulação de geometrizações, para comparar com os modelos-réplica tratados.

Na figura 14, os slides dedicados a especulação através da linguagem físico-matemática, que deve ser mediada pelo professor, para que os estudantes avancem nas análises mais abstratas.

Figura 14 - Slides para encaminhar a especulação a luz da linguagem físico matemática dos dados tabelados

The figure consists of five slides arranged in a grid:

- Slide 19:** Titled "SEGUNDA PARTE" with the subtitle "LINGUAGEM FÍSICO MATEMÁTICA".
- Slide 20:** Titled "RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE". It discusses "Proporcionalidade direta" and shows a flow from "G1" and "G2" to "Gráfico: reta". It includes the equation $f(x) = ax + b \rightarrow (a \neq 0)$ and a yellow box labeled "PROPORCIONAL".
- Slide 21:** Titled "FUNÇÃO DE 1º GRAU". It includes a small graph and text about "FUNÇÃO DE 1º GRAU" and "FUNÇÃO DE 2º GRAU".
- Slide 22:** Titled "Análise de dados". It contains two tables of data and diagrams showing relationships between variables.

1	2	3	4	5
0,000	0,111	0,222	0,333	0,444
0,000	0,222	0,333	0,444	0,555
0,000	0,333	0,444	0,555	0,666
0,000	0,444	0,555	0,666	0,777
0,000	0,555	0,666	0,777	0,888
- Slide 23:** Titled "GRÁFICO" and shows a blank coordinate grid.
- Slide 24:** Titled "Proporcionalidade inversa". It shows a flow from "G1" and "G2" to "Gráfico: Hipérbole". It includes the equation $f(x) = \frac{a}{x}$ and a yellow box labeled "INVERSA".

Na figura 15, que constitui parte do guia instrucional dos estudantes, aparece a proposta para a especulação através da linguagem físico-matemática da atividade

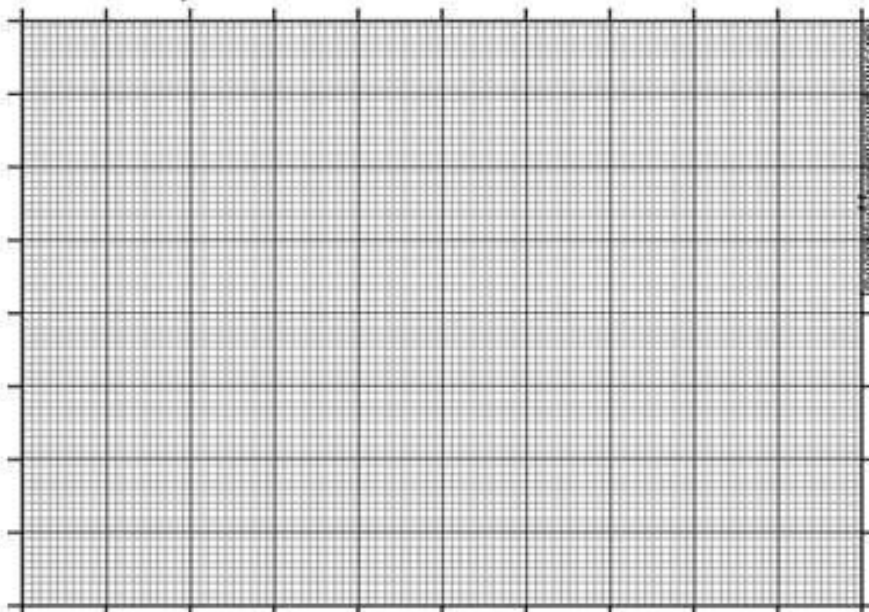
experimental. Chegou o instante do aperfeiçoamento da linguagem físico-matemática, através da construção dos gráficos $d = f(t)$ e $d = f(t^2)$, com discussões sobre as relações de proporcionalidade entre as grandezas, além do cálculo de inclinação da reta e com a interpretação do seu significado físico.

Figura 15 - Parte do guia instrucional de suporte para especulação com a linguagem físico matemática dos dados tabelados

➤ **CONSIDERAÇÕES:**

Representação gráfica

Analisando a tabela, represente no mesmo papel milimétrico abaixo, utilizando para uma das representações (•) para o gráfico "1" (d) versus (t). E (×) para o gráfico "2" (d) versus (t^2). Desenhe a linha média entre os pontos. Utilize dos dados da tabela 2/ medida II.



Análise do gráfico para cada uma das linhas gráficas:

- O gráfico representado resultou uma reta ou uma curva? O que representa resultar uma curva ou uma reta?
Resposta p/ gráfico 1:

Resposta p/ gráfico 2:
- O gráfico está de acordo com os dados obtidos na tabela em relação a $d=f(t)$ e $d = f(t^2)$? Justifique de acordo com a comparação de como ocorreu o intervalo de variação de uma variável em relação ao intervalo de variação da outra variável.
- Determine a inclinação da reta representada pelo gráfico 2 e compare com o valor médio do "g", da última coluna da tabela da medida II, o valor encontrado no gráfico II também deve ser corrigido, admitindo como valor de referência para a aceleração da gravidade $g = 9,79 \text{ m/s}^2$.
- Retome as questões da problematização inicial, do aventureiro fictício de um suporte reality show de sobrevivência, e reveja as suas respostas.

Na quarta intervenção, nas aulas 06 e 07, o professor também deverá orientar as equipes de estudantes para retomarem os filmes obtidos pelos smartphones dos estudantes na primeira intervenção, na aula 02, para que sejam trabalhados no software Tracker (2013), pois os filmes poderão ser investigados para se obter o valor da aceleração da gravidade. Será potencialmente significativo para que os estudantes realizem a análise dos movimentos obtidos nos filmes, uma vez que houve uma construção de representações nos experimentos, que se iniciaram com alguma simplicidade na forma artesanal, e que foram aumentando a sua sofisticação. Representações aperfeiçoadas dos elementos envolvidos no experimento e das grandezas físicas que são necessárias para a determinação do “g”, seja como aceleração da gravidade, ou como campo gravitacional.

Aos professores que optarem pelo alargamento da racionalidade dos estudantes sobre os saberes associados com a gravidade, porém, agora especulados através do Tracker e da análise físico-matemática dos filmes gravados, poderão conhecer mais do software através do tutorial, ilustrado, parcialmente, com parte dos itens 1 e 6 na figura 16, e com a sua versão integral localizada no site da UTFPR, com o programa Tracker no link <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fhmatsunaga/arquivos-para-download>, desde o seu manual traduzido e outras dicas: a partir do manual para Usuários Iniciantes no *Software Tracker* (BEZERRA, 2011).

As especulações que os estudantes podem realizar no Tracker do movimento de queda dos objetos, pode se integrar com toda a atividade teórico e experimental, que neste ponto já foi realizada na sequência didática, em diferentes aparelhos e com diferentes modelos-réplica, de tal forma que os estudantes podem vir a formar representações dos saberes em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade. O trabalho com o Tracker poderá contribuir de forma significativa para que os estudantes ampliem ainda mais a sua racionalidade, em relação aos saberes correlacionados com a ideia de gravidade.

Na sequência, apresenta-se parte do tutorial encontrado na UFPR, sobre o Tracker. O professor poderá mediar projetos de investigação, para aqueles alunos que vierem a tornar o Tracker como projeto de pesquisa.

Figura 16 - Imagem de parte do tutorial que pode fazer parte da sequência didática

APRENDENDO A UTILIZAR O TRACKER

1. Neste tutorial, será usado o vídeo de queda de um objeto por algumas dezenas de centímetros. Primeiramente, é necessário que se abra o vídeo (ou imagem). Para isso, clique em "Arquivo" e em "Abrir". O vídeo é aberto no seu primeiro frame. Abaixo do vídeo é apresentada uma barra de ferramentas.




Figura 14: imagem do programa Tracker representando o intervalo do filme escolhido para análise.

... (continua 2,3,4,5 e)

6. Análise dos gráficos: o programa permite ... (continua)




Figura 15: imagem do programa Tracker das ferramentas de especulação complexa, gráfico e aproximação do modelo que representa a curva.

Com isso é possível identificar a função que representa a curva, analise e procure relações entre $d = f(t)$, $d = f(t^2)$, $v = f(t)$ e $a = f(t)$. Todas as constantes de proporcionalidade poderão ser determinadas. As análises poderão ser personalizadas por equipe de trabalho, ou até mesmo duplas de estudantes

Este encaminhamento para o professor da utilização do programa Tracker, um software livre, dependerá se a escola possui a disponibilidade de laboratório de informática, caso não possua, mesmo assim, o professor poderá realizar uma análise no seu próprio computador e em slides e vídeos mostrar para a turma. Valerá o empenho do professor, em termos de que os estudantes venham a perceber que o pensar e fazer ciência acontecem em um espaço em que fabricamos os fatos e as narrativas, que denominamos de laboratório.

Terceiro momento pedagógico: A retomada da alegoria de representação dos assuntos controversos da ciência

Na quinta e última intervenção, na aula 08, deverá ser retomado o slide que trata da dupla face da ciência, cuja intervenção da sequência didática aconteceu na aula 01. Na intervenção da aula 08, traz-se, novamente, a representação da ciência na figura das duas faces do Deus Jano, agora para promover a discussão dos modelos-réplica que foram apresentados e da constituição dos dados durante a SD. Teremos, obviamente, modelos que convergem e que corroboram com o valor de “g” naturalizado na literatura científica, portanto, aqui pode ser um excelente momento para provocar os estudantes, a refletir acerca do possível modelo que diverge do resultado esperado.

Haja vista que no primeiro modelo e experimentação, em que o valor de “g” obtido foi somente a metade do valor da aceleração da gravidade, pode permitir a seguinte provocação com a questão: O modelo-réplica que se utiliza na primeira experimentação está errado? Ou incompleto? Depois de um pouco de reflexão e discussão, os estudantes poderão vir a completar o modelo, na medida em que vierem a corrigir o modelo obtido a partir da análise dimensional, agora com a multiplicação pela constante 2, e o modelo construído pelos estudantes será $g = 2 \cdot d / t^2$. Cujo valor obtido a partir dos dados, agora corroborará com os outros modelos, além do valor teórico do livro didático.

Discutimos acerca da Ciência a partir da perspectiva de Latour e Woolgar (1997) e Latour (2011), com a intenção de evidenciar que as caixas pretas da Ciência, devem ser abertas no ambiente acadêmico da escola, com o objetivo da não mitificação da ciência. E para evidenciar as controvérsias que surgem na abertura das caixas pretas, escolhemos os modelos-réplica de Dutra (2005), além da especulação complexa através da linguagem físico-matemática de Hacking (2012). Este para contribuir como suporte de análise aos estudantes, que pensam e fazem o experimento, através da articulação com cálculos matemáticos, tabelas, gráficos e no reconhecimento das anomalias durante a experimentação. Quanto aos modelos-réplica de Dutra (2005), em que fenômenos podem ser investigados sob condições de contorno, contribuem à medida que podem ser boas aproximações de porções do mundo real, e das vivências cotidianas dos estudantes.

Na SD é possível investigar-se porções da natureza, a partir do fazer, pensar e explicar ciência que acontece no laboratório, por meio: dos modelos-réplica de Dutra (2005); do equilíbrio entre o racional e o empírico, tratados de forma não hierárquica por Hacking (2012) e Bachelard (2009). No LabD não se valoriza o idealismo em detrimento do empirismo ou o contrário, propõe-se a equidade, justamente, na atividade experimental entre o racional e o empírico. Para organização da sequência didática de suporte para o laboratório, de acordo com a epistemologia que propomos, utilizou-se os 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

Escolheu-se a discussão de modelos-réplica, no sentido de Dutra (2005, sob a luz da antropologia simétrica de Latour e Woolgar (1997), para mostrar a Instituição Ciência enquanto construto humano, uma versão da realidade delimitada em certas condições de contorno. Valorizou-se os contextos históricos, sociais e epistemológicos do saber gravidade, para que os estudantes tenham uma representação de como os cientistas pensam e fazem ciência no tempo histórico da construção do saber.

Enumerou - se uma apresentação da sequência didática (aula 01), além de mais cinco intervenções (aulas 02 a 08), portanto, um total de oito aulas, entretanto devido a densidade do tema, provavelmente, pode haver professores que preferam utilizar de um número maior de aulas.

Esta produção técnica, é um recorte da tese "*Cultura de Laboratório: Design de Ensino para Refletir, Fazer e Explicar Ciência a partir da Sala de Aula*. Com seus quatro princípios de design: I- imersão dos estudantes em projetos de investigação científica; II - reformulação da episteme e métodos do laboratório didático; III- o uso especializado do smartphone como inscitor; e, IV- estudantes divulgadores digitais de ciência. Neste caderno pedagógico optamos por trabalhar, somente, o princípio II do design, relativo a reformulação da episteme e método do LabD. Agora acerca do bloco de conteúdo relacionado com o saber gravidade. Aos professores que se interessaram pelo design de ensino da *Cultura de Laboratório*, seria interessante aprofundarem-se na epistemologia da proposta de ensino, que se encontra no texto da tese. Na qual abordamos os aspectos dos contextos sociais, históricos e epistemológicos acerca da fabricação das máquinas térmicas e das leis da termodinâmica. No caderno pedagógico apresentamos uma breve síntese da proposta

da metodologia de ensino da *Cultura de Laboratório*, no que diz respeito a uma racionalidade diferente para o uso do laboratório didático.

Quanto ao número de aulas prevista para essa sequência didática, trata-se de uma sugestão a partir do que realizamos no laboratório de Física do Colégio estadual do Paraná. Realizamos a SD, em geral, com 05 aulas, porém sem a utilização do Tracker. Como inserimos o uso do Tracker na proposta desta produção técnica, estimamos mais 03 aulas para realização da sequência didática. Portanto, o professor pode conseguir trabalhar a SD, mais ou menos, em um mês, naquelas escolas cuja grade horária consta de 02 aulas semanais de Física. Além de que a estrutura da sequência didática permite sua aplicação parcial, conforme o planejamento e organização das aulas do professor.

4. AVALIAÇÃO

Na proposta da sequência didática a partir da realização das intervenções, com o viés de planejamento e replanejamento das ações, é fundamental alguns procedimentos e encaminhamentos para a avaliação da própria sequência didática e da aprendizagem dos estudantes, em relação aos saberes científicos, além do interesse de como eles podem vir a representar a Ciência, enquanto construto humano.

A racionalidade dos estudantes, antes de cada intervenção, deverá ser valorizada e registrada em áudios, que depois servirão para contribuir para o replanejamento das ações. Assim como os contextos que acontecerão durante as intervenções deverão ser registrados em caderno de campo, com todas as peculiaridades que, naturalmente, acontecem em intervenções e mediações dos professores que vierem a investigar o aperfeiçoamento da racionalidade dos estudantes, após os professores aplicarem a sequência didática.

Os guias instrucionais serão fontes de formação de corpus de pesquisa, que poderão ser investigados em termos de análise conteúdo, com a intenção da identificação de possível alargamento e aperfeiçoamento da racionalidade dos estudantes, no sentido de Muchenski e Miquelin (2015), a partir do aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos saberes científicos tratados na sequência didática. Além do interesse na aprendizagem com significação dos saberes, de acordo com Moreira (2011). E, também, pode interessar para investigação, como os estudantes passam a representar a Ciência.

4.1 CRITÉRIOS

Uma vez que a metodologia de ensino é permeada por uma racionalidade de contribuir para a alfabetização científica, espera-se do estudante no processo de ensino e de aprendizagem, que adquira habilidades que permitam que se tornem negociadores com o mundo da ciência e da tecnologia. A aprendizagem com significação dos saberes associados com movimento, ajudará os estudantes a relacionarem esses saberes com os contextos do seu mundo da vida, para dar suporte para a negociação com técnicos e especialistas em ciência e tecnologia. Por exemplo,

na compreensão de notícias sobre assuntos da cosmologia. Portanto, a sequência didática poderá aumentar o seu domínio nas questões relacionadas com a ciência, tecnologia, a natureza e o mundo da vida, seja nos contextos do mundo do trabalho, social, político e econômico.

Os questionamentos; as leituras propostas no blog dos contextos históricos, sociais e filosóficos; as atividades teórico, experimentais e de observação; a especulação com a linguagem físico-matemática propostos em toda a sequência didática, são fundamentais para contribuir para a formação dos estudantes nos saberes associados com a mecânica. Procuramos nas problematizações envolver os contextos próximos do cotidiano dos estudantes, para que seus estudos e pesquisas contribuam para que reconheça na sua vida diária, as questões da ciência que, muitas vezes, são exclusivas das comunidades científicas.

Até porque esses temas científicos transcendem e influenciam o mundo da vida dos coletivos sociais. Logo, é preciso que a alfabetização científica aborde os assuntos científicos e tecnológicos, para permitir que os estudantes sofram uma imersão nas questões e decisões que podem permitir a negociação com os técnicos e especialistas das áreas científicas, na medida em que os estudantes poderão compreender e fazer compreender na comunicação sobre os temas que envolvam a nossa vida, a ciência e a tecnologia.

A educação científica na Educação Básica, deve contribuir para que os estudantes reconheçam, nos seus contextos cotidianos, as questões discutidas e propostas para reflexão sobre alguns dos conceitos da mecânica. A sequência didática composta por textos problematizados, textos históricos, atividades orientadoras para reflexão, além da atividade teórico e experimental visa o aperfeiçoamento da racionalidade, a respeito dos temas relacionados com o conceito de movimento, principalmente nos contextos da mecânica clássica estruturada no livro Principia de Isaac Newton.

4.2 INSTRUMENTOS

Como identificar nos estudantes o aperfeiçoamento e o alargamento da sua racionalidade por meio da alfabetização científica? Poderá ser identificado nas suas produções, desde que exijam peculiaridades associadas ao seu discurso escrito e/ou

falado. Em outras palavras, os instrumentos avaliativos devem buscar, objetivamente, o perfil negociador dos estudantes em assuntos relacionados com os objetos e fatos da ciência e da tecnologia, a partir das suas manifestações:

- Nos registros nos guias instrucionais dos estudantes;
- Nas suas narrativas em discussões com seus pares e com o professor, gravados em áudios, ou manifestados nas mais diversas mídias sociais;
- Nas suas contribuições em comentários em atividade de leitura dos contextos sociais, históricos e filosóficos proposta no blog Racional & Empírico, além das interações com os demais colegas também no espaço do blog;
- Na manipulação dos simuladores do PHET;
- Nos seus projetos de investigação dos fenômenos estudados, a partir da especulação complexa com elementos articuladores do cálculo como tabelas, gráficos e geometrizações;
- Da utilização do software Tracker a partir de filmes de objetos em queda, para a investigação do movimento dos objetos, previamente investigados em diversos aparelhos experimentais.

REFERÊNCIAS

- ASTOLFI, J.P.; *et al.* **Mots-clés de la didactique des sciences.** Pratiques Pédagogiques De Boeck & Larcier S.A Bruxelles/Belgique. 1997.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não.** Tradução Joaquim José Moura Ramos, 6ed. Lisboa: Múltiplo, 2009.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico.** Tradução de Estela dos Santos Abreu, 10ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013.
- BEZERRA, A. G.; *et al.* **Manual para usuários iniciantes no Software Tracker.** Curitiba, 2011.
- CHEVALLARD, Y.; JOHSUA, M. Un exemple d'analyse de la transposition didactique: la notion de distance. **Recherches en Didactique des Mathematiques.** 3-2, p. 157-239, 1982.
- CUPANI, A. **Filosofia da tecnologia:** um convite. Florianópolis: Ed. UFSC, 2013.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências:** fundamentos e métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- DUTRA, L. H. A. Os modelos e a pragmática da investigação. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 2, p. 205-232, 2005.
- FOUREZ, G. **Alfabetisation scientifique et technique:** essai sur les finalités de l'enseignement des sciences. Belgique: De Boeck Université. 1994.
- HACKING, I. **Representar e intervir.** Tradução Pedro Rocha de Oliveira. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2012.
- KROPF, S. P.; FERREIRA, L. O. A prática da ciência: uma etnografia no laboratório. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 6, n. 3, 1997/1998.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional the didactic laboratory perspective from multi-modal representation. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011.
- LEMKE, J. **The missing context in science education:** science. In: AERA. Atlanta, 1993.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório:** a produção de fatos científicos. Rio de Janeiro. Relume-Dumara, 1997. 310 p.
- LATOUR, B. **Ciência em ação:** como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. 2. ed. São Paulo: Ed. Unesp, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, maio/ago. 2014.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 627-638, 2014

MUCHENSKI, J. C. **Gênero de raciocínio de laboratório no ensino de física: especulação complexa de tipos da física no manuseio de atividades experimentais artesanais e tecnológicas**. Dissertação (Mestrado em Formação Científica e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. Experimentação no ensino de física como método de aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes do sétimo ano do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, p. 23-40, 2015.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. Investigação no laboratório didático de física: como proposta de metodologia de ensino. In: JORNADAS LATINO AMERICANAS DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA, 11. **Anales [...]**. 2016.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. Laboratório didático de física no ensino fundamental II. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, p. 913-919, 2017.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. A tradição de uma metodologia de experimentação: na manipulação da segunda lei de Newton. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 4., **Anais [...]**. 2017

MUCHENSKI, J. C.; MACIEL, C.; LAPUENTE, N. M. ; MIQUELIN, A. F. Proposta de aprender por projetos de pesquisa alicerçados por ilhas interdisciplinares de racionalidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017; ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., **Anais [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2017. v. 1. p. 1-9.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 627-638, 2014

NMC Horizon Report. **Educação Básica 2015**. Disponível em: <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-k12-PT.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2016.

PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. **Scientia Studia**, v 1, n. 1, p. 9-26, 2003.

PINHO, J. A. F. "Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático." **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

PINHO, J. A. F. **Instrumentação para o ensino de física**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância; CED; UFSC, 2001. p. 20-35.

PSSC. **Guia do Professor de Física**. Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo (CECISP). São Paulo: Edart, 1963.

RIBAS, A. S.; SILVA, S. C. R.; GALVÃO, J. R. **Telefone celular como recurso didático no ensino de física**. 1 a ed. Curitiba: Editora UTFPR, 2015.

SILVA, A. F. G. **A construção do currículo na perspectiva popular crítica: das falas significativas às práticas contextualizadas**. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2004.

TRACKER. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fhmatsunaga/arquivos-para-download>. 2013.

VALADARES, E. C. **Física Mais que divertida**. 1. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ANEXO A: Guia Instrucional para os Estudantes

Se o planeta Terra deixasse de existir os objetos ainda cairiam? Por quê? E a Lua, o que aconteceria com ela sem a presença da Terra?

Há vários canais do youtube que se dedicam em desmanchar os prazeres (spoilers) de assistir determinado filme, não é diferente para o canal Nerdologia quando trata do filme Gravidade (Gravity, 2013). Entretanto, mesmo com alguns pontos falhos em termos de precisão científica, o filme ilustra com um certo realismo a interação gravitacional, além de uma certa imersão ao contexto da sensação¹⁰ de ausência de gravidade.

Figura 17 - Imagem do filme Gravidade (2013) divulgado no canal Nerdologia



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=CcM4eEE4R0Q>, em 08 fev. 2017.

E a imagem da live do consórcio entre a Nasa e a empresa Amazon:

Figura 18 - Imagem ao vivo da Nasa Live Stream: Planeta Terra Visto Do Espaço (Oficial Br)™



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=ibgrWiXQVEE>

¹⁰ A sensação é devido ao estado de imponderabilidade,

Problematização (Aceleração da gravidade e campo gravitacional)

Em um canal do youtube de entretenimento, especializado em reality show de sobrevivência em condições extremas na natureza selvagem, um aventureiro em um dos episódios no sul da região da patagônia, no interior de uma caverna reluta em saltar em um buraco, cujo fundo não aparece devido a escuridão. Ele descreve que recordou das suas aulas de física do ensino médio e lembrou um parâmetro para decidir se deve ou não arriscar o salto: o tempo. Que para medir encolhe abandonar uma pedra no buraco e cronometrar o tempo decorrido do abandono até o instante que escuta o som da pedra que tocou a superfície da água no fundo do buraco. O tempo medido é composto pelo tempo que a pedra levou para chegar na superfície da água somado com o tempo para o som da pedra que tocar a água chegar aos seus ouvidos.

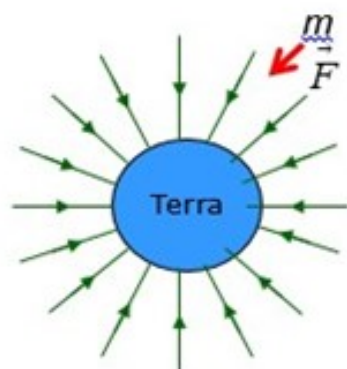
Ele argumenta que devido à alta velocidade do som, comparado com a variação da velocidade durante a queda, o tempo do som da superfície de água até seus ouvidos pode ser desconsiderado. E, portanto, o tempo que ele mediu de 1,2 s seria o tempo aproximado.

- a) Você considera plausível o mérito da abreviação do tempo pelo aventureiro?
- b) É seguro o salto em termos relativos a profundidade do buraco? Aponte em que fundamentos você realiza tal afirmação?
- c) É possível com o tempo de queda descobrir essa profundidade? Caso seja possível ajude o aventureiro a calcular a profundidade do buraco até chegar na superfície da água.

ANÁLISE DIMENSIONAL E INVESTIGAÇÃO DE MODELO

Tipo da física - Aceleração da gravidade associado ao campo gravitacional

Um corpo colocado próximo à superfície da Terra, sofre a ação de uma força gravitacional e cai com uma aceleração igual a aceleração da gravidade.



$$\vec{g} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Unidade no S. I.: m/s²

O conceito de campo surgiu da necessidade de explicar a ação de forças a distância. Podemos dizer que um campo gravitacional existe numa região do espaço quando, ao colocarmos uma massa (m) nessa região, tal massa é submetida a uma força gravitacional.

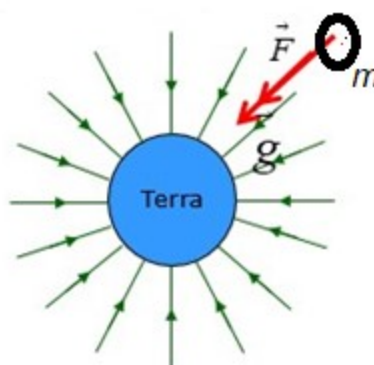
O campo gravitacional pode ser entendido como sendo uma entidade física que transmite a todo o espaço a informação da existência de uma massa (M) e, ao colocarmos uma outra massa (m) nesta região, será constatada a existência de uma força de origem gravitacional agindo nesta massa.

Consideramos a noção de campo como sendo algo responsável pela mediação da interação entre corpos a uma certa distância um do outro, sendo uma alternativa para a ideia da ação à distância.

Por definição, o campo gravitacional (g) num certo ponto é a força gravitacional que atua numa massa de prova (m) colocada no ponto, dividido por essa massa:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Unidade no S.I.: N/kg



O vetor campo gravitacional tem sempre a mesma direção e sentido da força gravitacional e seu valor não depende do valor da massa de prova (m).

➤ **Primeiro passo: equação dimensional de “g” como uma aceleração.**

Comprimento - L

Tempo - T

Massa - M

Escreva utilizando os elementos ao lado uma possível equação para a aceleração da gravidade conforme o modelo de aceleração, observe com o grupo a unidade utilizada:

$g =$

Medida I: Agora contribua na decisão do grupo o que deve ser medido para determinação do valor de “g” e preencha a tabela a seguir, utilizem os instrumentos de medidas disponíveis (trena e celulares):

Tabela 1 - Tabela para o cálculo de “g”, utilizando como dispositivo cronômetro manual

			g (m/s²)

Medida II: agora meça os mesmos elementos, porém com o aparelho de medida de tempo com sensores, e preencha a tabela a seguir e determine o valor de “g”

Tabela 2 -Tabela para o cálculo de "g", utilizando como dispositivo com foto-sensor

			g (m/s ²)

➤ **Segundo passo: conferindo "g" como definição do quociente da força por massa.**

É necessário haver o contato entre objetos para que seja aplicada força sobre um objeto? Ou de forma "sobrenatural" é possível um objeto movimentar outro objeto, mesmo estando distante dele?

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$$



Medida III: utilizando o dinamômetro e o cilindro metálico disponibilizados, meça a força gravitacional (força-peso) indicada no dinamômetro para a massa do cilindro complete a tabela a seguir:

Tabela 3 - Tabela para o cálculo de "g", utilizando como dispositivo o Dinamômetro

Massa (kg)	Força-peso (N)	g = F/m (módulo) (N/kg)
0,200		

➤ **A CONTROVÉRSIA**

Comparando a tabela 2 com a tabela 3 para o valor de "g" houve divergência? Como resolver tal controvérsia? E, se medíssemos a velocidade instantânea do objeto utilizando foto-sensor para distâncias da tabela 2, com as medidas determinar o valor de "g" como v/t .

Medida IV: realize a medida da velocidade instantânea para duas das distâncias da tabela 2. Preencha a tabela 4 com os valores que aparecerem no visor do instrumento de medida, e calcule a aceleração “g” do objeto.

Tabela 4 - Cálculo de "g" como v/t

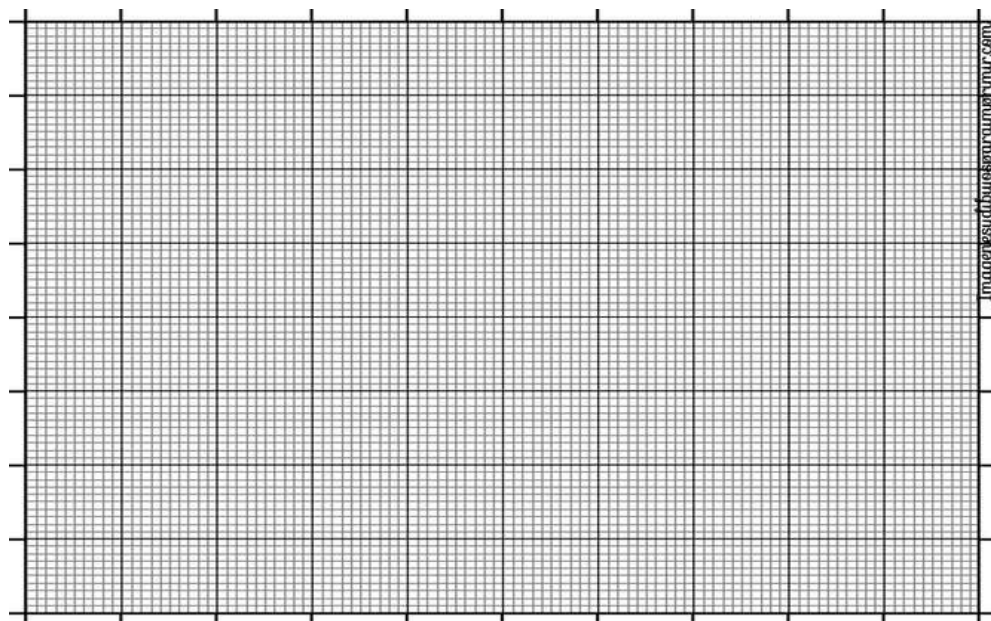
d(m)	V _{inicial} (m/s)	V _{final} (m/s)	V (m/s)	t (s)	$g = \frac{V}{t}$
0,200					
0,300					

Questões:

- Diante das limitações do experimentador em acionar em tempo hábil o cronômetro do celular, qual das medidas, I ou II, o grupo considera mais confiável? Justifique a escolha do grupo.
- Quais as dificuldades apontadas em medir em relação aos instrumentos disponíveis para a **medida I**? Como promover uma medida mais precisa utilizando os mesmos instrumentos? Preste atenção na discussão no grande grupo e as decisões encaminhadas.
- Considerando o valor determinado na tabela da **medida II**, ele se aproximou do valor tabelado $9,79 \text{ m/s}^2$, e próximo do valor da **medida III**? Caso o grupo não tenha encontrado o valor esperado discuta com o grupo e considerando a **medida IV**, retome a equação dimensional e a corrija caso seja necessário, para que se adeque ao valor de consenso (medida III e IV) e, escreva a nova equação dimensional.
- Você lembra do problema inicial e do aventureiro, calcule a profundidade do buraco utilizando a equação corrigida no item “c”:
- Deixando cair duas folhas de papel iguais, da mesma altura e no mesmo instante, sendo uma aberta e outra amassada. Por que a folha amassada chega primeiro ao chão?
- Se, de uma certa altura, deixarmos cair o livro de Física, uma caneta e uma borracha, o que podemos afirmar com respeito às acelerações “g” sobre cada elemento? (Desconsidere a resistência do ar).

Representação gráfica para análises:

Analisando a tabela, represente no mesmo papel milimétrico abaixo, utilizando para uma das representações (\square) para o gráfico “1” (d) versus (t). E (x) para o gráfico “2” (d) versus (t^2). Desenhe a linha média entre os pontos. Utilize dos dados da tabela 2/ medida II.



Análise do gráfico para cada uma das linhas gráficas:

a. O gráfico representado resultou uma reta ou uma curva? O que representa resultar uma curva ou uma reta?

Resposta p/ gráfico 1:

Resposta p/ gráfico 2:

b. O gráfico está de acordo com os dados obtidos na tabela em relação a $d=f(t)$ e $d = f(t^2)$? Justifique de acordo com a comparação de como ocorreu o intervalo de variação de uma variável em relação ao intervalo de variação da outra variável.

c. Determine a inclinação da reta representada pelo gráfico 2 e compare com o valor médio do “g”, da última coluna da tabela da medida II, o valor encontrado no gráfico II também deve ser corrigido, admitindo como valor de referência para a aceleração da gravidade $g = 9,79 \text{ m/s}^2$.

d. Retome as questões da problematização inicial, do Discovery Channel, e as responda.

ANEXO B: Slides Suporte para Sequência Didática

LABORATÓRIO DE FÍSICA

PROFESSORES DE LABORATÓRIO:
HIDERALDO
JULIANA
JULIO CESAR

1



5

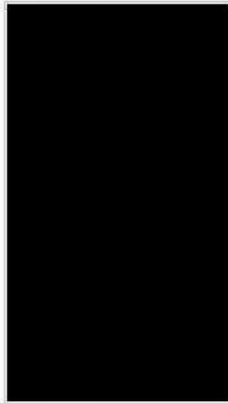
→ ∞

ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

PROCEDIMENTOS

- Os estudantes serão divididos em até seis grupos, cada grupo com no máximo seis estudantes;
- A divisão será feita conforme o número da chamada e, a cada aula o estudante deverá estar atento ao rotário dos minutos-postos nas bancadas;
- Material: caderno, caneta, lápis, borracha, régua e calculadora.

2



6

SPOILERS

PROCEDIMENTOS

- É permitido o uso de qualquer calculadora.
- O eclair deve ficar desligado e guardado durante a aula, exceto quando solicitado o seu uso.
- O rotário é distribuído somente aos estudantes presentes na aula.
- Ao sair, conferir e devolver o material do laboratório.
- Limpar as mesas e jogar o lixo na lixeira.
- Colocar as bancadas ambientadas das mesas.

3



7

INTERAÇÕES E FORÇAS

JANO E AS FACES DA CIÊNCIA

4

PRIMEIRA PARTE

INVESTIGANDO UM SABER DA FÍSICA

8

Luz da Gravitação Universal de Newton

"MASSA ATRAZADA MASSA"

"Esta força atrai os corpos celestes, os corpos da atmosfera e os corpos terrestres. Ela atua em todas as direções e é diretamente proporcional à massa e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade."

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Cada G é a constante da gravitação universal:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Observação:

$F_g = F_c$, isto fornece a órbita circular.
 $|F_g| = |F_c| = F$

13

★

Análise dimensional
 (decisão do que medir na tabela)

- L → comprimento
- T → tempo
- M → massa

• Exemplo: $v \rightarrow m/s \rightarrow v=L/T$

17

PROBLEMATIZAÇÃO

• É necessário haver o contato entre objetos para que seja aplicada força sobre um objeto? Ou de forma "sobrenatural" é possível um objeto movimentar outro objeto, mesmo estando distante dele?

14

As forças podem, de maneira geral, ser classificadas em três grandes grupos: Forças de contato e forças de campo. As forças de contato existem sempre que dois corpos estiverem em contato físico. As forças de campo existem mesmo quando os corpos não estão em contato físico.

contato / à distância

15

Um campo gravitacional é gerado quando uma massa do planeta (m1) é colocada num ponto e exerce a ação de uma força gravitacional.

Para qualquer outro corpo gravitacional (m2) que esteja num ponto de prova em qualquer local do espaço, devido ao m1, haverá uma força gravitacional que atua sobre m2.

Força → aceleração → $m_2 \cdot g$

16

LIMITAÇÃO DE UM EXPERIMENTADOR

18

SEGUNDA PARTE
 LINGUAGEM / LÍNGUA MATEMÁTICA

19

RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE

Proporcionalidade direta
 G1 → G2 → Gráfico: reta
 F = k · x
 F(x) = k · x + b → (k ≠ 0)
 Função linear

20

FUNÇÃO DE 1º GRAU

Gráfico de uma função de 1º grau

Análise de dados

Tempo (s)	Velocidade (m/s)
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10

Gráfico de uma função de 1º grau

GRÁFICO

Proporcionalidade inversa
 G1 vs $\frac{1}{G2}$ → Gráfico: Hipérbole
 Proporcionalidade inversa