

DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES PRÁTICO-EXPERIMENTAIS EM AULAS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

Sandra Luiza Forest¹

RESUMO

Neste trabalho apresentamos o desenvolvimento (elaboração, implementação e avaliação) de atividades prático-experimentais em aulas de Física para o Ensino Médio. Para tal, partimos da emergente necessidade de superação simultânea do modelo tradicional de aulas para a disciplina da Física, pautado na memorização mecânica de fórmulas matemáticas para a resolução de exercícios, e do modelo roteirizado para o laboratório didático de Física, descrição de etapas a serem seguidas para uma reprodução fiel de experimentos científicos. Assim, nossa intervenção didática proposta para esta pesquisa foi norteadada por uma concepção problematizadora da educação, pautada no discurso multivocal e univocal. Do ponto de vista metodológico, adotamos uma abordagem naturalista de pesquisa, de modo a reunirmos dados de natureza linguística, enunciados escritos pelos estudantes, para analisá-los segundo a proposta do Círculo de Bakhtin. Isto posto, realizamos nossa intervenção em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual do município de Garibaldi, estado do Rio Grande do Sul. Do mais, elaboramos nossas ações pedagógicas levando em conta tanto o contexto escolar da instituição de ensino, quanto os conhecimentos prévios dos estudantes para realizarmos atividades prático-experimentais. De modo geral, nossos resultados iniciais indicam que nossa proposta didática possui grande potencial para contribuir com o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Em especial, no sentido de promovermos um ambiente dialógico durante o todo de nossa intervenção didática.

Palavras-chaves: Atividades prático-experimentais. Educação problematizadora. Análise bakhtiniana

1 INTRODUÇÃO

Ao refletirmos sobre as aulas de Física na Educação Básica, pode ser recorrente a nós a lembrança de uma aula tradicional, pautada, sobretudo, na memorização mecânica de fórmulas matemáticas úteis para a resolução de exercícios de provas². Tal modelo de aula há tempos vem sendo problematizado na literatura acadêmica brasileira (VILLANI, 1984; MOREIRA, 2000 e 2017; PIETROCOLA, 2005), de modo que inúmeras práticas pedagógicas, com os mais diversos enfoques e dinâmicas, têm sido elaboradas, implementadas e avaliadas com o objetivo de superação desse modelo de aula.

Uma específica proposta pedagógica, presente desde o início da década de 1970, refere-se à inserção e à importância do laboratório didático (de atividades

¹ Licenciada em Física, professora do Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia.

² De fato, este modelo de aula é de longa data, o ilustre físico norte-americano Richard Feynman, em visita ao Brasil nos anos 50, fez a seguinte crítica ao sistema educacional brasileiro: “[...] como alguém podia ser educado neste sistema de autopropagação, no qual as pessoas passam nas provas e ensinam os outros a passar nas provas, mas ninguém sabe nada” (FEYNMAN, 2000, p. 238).

prático-experimentais) nas aulas de Física (GRANDINI e GRANDINI, 2004; GONZALES *et al.*, 2015). Na prática, são ações pedagógicas desenvolvidas em sala de aula que buscam estabelecer um elo entre o mundo do cotidiano e o mundo dos conceitos, leis e teorias e suas linguagens simbólicas (SERÉ, COELHO e NUNES, 2003). Este tipo de prática pedagógica tem se mostrado importante para minimizar as dificuldades cotidianas encontradas no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes nas aulas de Física (ARAÚJO E ABIB, 2003).

Na escola brasileira, talvez a primeira proposta efetiva de inserção do laboratório didático no Ensino de Física tenha sido a adaptação do projeto norte americano *Physical Science Study Committee* (PSSC), criado na década de 1960 (PEREIRA e MOREIRA, 2017). Basicamente, esse projeto foi marcado pela proposta simplista de reproduzir experimentos para “descobrir” as Leis da Física (SILVEIRA e OSTERMANN, 2002), prática usualmente denominada de “método científico”³.

Em contrapartida, as mais recentes pesquisas acadêmicas têm nos indicado a necessidade de superação desse modelo roteirizado, isto é: uma espécie de receita a ser fielmente seguida para se obter sucesso no laboratório didático (BORGES e GOMES, 2005; PENA e RIBEIRO FILHO, 2009). Ainda, do ponto de vista de infraestrutura, em muitas escolas há falta de ambientes e equipamentos adequados para a realização de atividades prático-experimentais, mas que podemos contorná-los, por exemplo, com a construção de experimentos com materiais recicláveis e de baixo custo (SILVA e LEAL, 2017), com a utilização de laboratórios virtuais (SENA, SILAS e SILVA, 2018) ou a partir de visitas a feiras e/ou museus de Ciências, ou eventos de divulgação científica (TEMPESTA e GOMES, 2017).

Em resumo, muitas são as possibilidades para desenvolvermos práticas pedagógicas focadas em atividades prático-experimentais. Entretanto, devemos nos atentar as concepções simplistas sobre o laboratório didático, de replicação fiel de experiências científicas roteirizadas que, por sua vez, reproduzem de outra maneira o modelo tradicional de aula, para promovermos ações pedagógicas pautadas em referenciais teóricos que defendem um processo educacional dialógico e dinâmico, entre todos os sujeitos inseridos no ambiente da sala de aula, em constante interação orgânica com o mundo.

³O método científico consiste na derivação de leis e teorias a partir de dados coletados por meio de experimentos estrategicamente elaborados. Com isso, supõe-se que o método científico seja capaz de “(a) conduzir com segurança os cientistas às descobertas que almejam; e (b) argumentar que aquelas descobertas são, de fato, verdadeiras e bem fundamentadas” (VIDEIRA, 2006, p. 23).

Nesse sentido, no âmbito do laboratório didático, Laború (2003) nos apresenta as potencialidades de uma prática pedagógica centrada simultaneamente no discurso multivocal (diálogo entre professor/alunos e alunos/alunos) e univocal (discurso do professor para os alunos no sentido de provocar reflexões, de organizar hipóteses, de conduzir o debate). Trata-se de uma prática pedagógica dinâmica que propõe um ambiente de cooperação entre professor e estudantes no desenvolvimento de atividades prático-experimentais, superando, assim, não apenas o modelo tradicional de memorização mecânica de fórmulas matemáticas, mas também o ritual de replicação de experiências científicas roteirizadas, característico das primeiras propostas de inserção do laboratório didático em aulas de Física.

Diante do exposto, pensando nas possibilidades para realizarmos a presente pesquisa, definimos como objetivo geral o desenvolvimento de uma ação pedagógica (elaboração, implementação e avaliação) de atividades prático-experimentais em aulas de Física no contexto de uma turma do Ensino Médio. Para tal, nos fundamentamos teoricamente na concepção problematizadora da educação (FREIRE, 1987 e 1996), assim como na proposta de Laború (2003) para o laboratório didático em aulas de Física (discurso multi e univocal). Do ponto de vista metodológico, adotamos os pensamentos do Círculo de Bakhtin⁴ para analisarmos a linguagem, enquanto fenômeno da comunicação humana, desse amplo contexto investigativo que tomamos para nossa pesquisa (BAKHTIN, 2011 e 2014; VOLOCHÍNOV, 2013). Ou seja, analisaremos o todo da cadeia dialógica de enunciados que emergem deste delimitado contexto: o contexto amplo escolar (contexto extraverbal não expresso, mas subentendido) e o contexto específico da sala de aula (parte verbal expressa, escrita ou falada).

Em essência, nossa pesquisa parte da seguinte indagação:

Quais as potencialidades que podemos identificar no desenvolvimento de uma intervenção didática pautada em atividades prático-experimentais em aulas de Física do Ensino Médio?

⁴ Círculo de Bakhtin (ou somente Círculo) é uma denominação acadêmica atribuída ao conjunto de obras escritas, principalmente, pelos pensadores russos Mikhail Bakhtin, Valentin Volochínov e Pavel Medvedev. Nas pesquisas em Ensino de Ciências, por exemplo, é recorrente a utilização deste referencial teórico e metodológico (VENEU, FERRAZ e REZENDE, 2015; SECCO, REBEQUE e SOUZA, 2017), assim como a denominação de análise bakhtiniana para diferenciá-la das demais teorias e metodologias de pesquisa classificadas como Análise de Discurso (AD).

Com isso, para a operacionalização da presente pesquisa, traçamos os seguintes objetivos específicos:

- Definir e investigar o contexto escolar amplo (da instituição de ensino) e o contexto específico da intervenção didática (turma de Ensino Médio);
- Estabelecer um conteúdo disciplinar da Física como tema norteador para desenvolvermos nossas ações pedagógicas (atividades prático-experimentais);
- Realizar uma intervenção didática a partir da delimitação do conteúdo disciplinar de Física e do ambiente escolar amplo e específico;
- Analisar, segundo pressupostos do Círculo de Bakhtin, o todo do processo de nossa intervenção didática; isto é, a cadeia complexa de enunciados (partes verbal e extraverbal) oriunda do contexto delimitado de nossa pesquisa.

Na sequência de nosso texto, apresentamos o desenvolvimento de nossa pesquisa, descrevendo nossa fundamentação teórica e metodológica, nossa proposta de ensino elaborada e aplicada em uma turma de primeiro ano de Ensino Médio, para, então, analisarmos e discutirmos nossos resultados, assim como expressar nossas considerações finais sobre nossa pesquisa como um todo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentação Teórica

Naturalmente que ao pensarmos em novas práticas pedagógicas para as aulas de Física, em especial sobre atividades prático-experimentais, temos consciência que devemos superar, simultaneamente, o modelo tradicional de aula (de memorização mecânica de conteúdos) e o modelo de reprodução automática de roteiros experimentais. Fazendo uma analogia com as concepções de educação de Freire (1987, 1996), encontramos nesses modelos forte semelhança com o que este autor define como concepção bancária: prática pedagógica centrada na narração do professor que conduz os estudantes à memorização do conteúdo narrado. Para o caso do laboratório didático: narração de um roteiro, de um manual de instrução, que conduz os estudantes à replicação completa de experimentos científicos.

Em oposição à educação bancária, temos a educação problematizadora: prática libertadora porque afirma a dialogicidade, a relação dinâmica dos sujeitos entre si e com o mundo. Nesta concepção, “o educador não é apenas o que educa,

mas o que enquanto educa é educado em diálogo com o educando que, ao ser educado também educa” (FREIRE, 1987, p.39).

Na tabela 1, apresentamos algumas das principais características dessas concepções de educação, segundo Freire (1987 e 1996).

Tabela 1: Educação Bancária *versus* Educação Problematicadora.

Bancária	Problematicadora
Feita pelo professor sobre os alunos	Feita pelo professor com os alunos
Ato de depositar	Ato Cognoscente
O educador ensina o educando, e esse diz que “aprende”.	O educador e o educando aprendem simultaneamente.
Educação como prática de dominação, de memorização mecânica	Educação como prática de libertação, de reflexão e proposição
Nega a dialogicidade entre os sujeitos	Afirma a dialogicidade entre os sujeitos

Fonte: autora da pesquisa.

Na perspectiva problematicadora, o papel do educador não se resume a falar aos educandos a sua visão de mundo, muito menos tentar impô-la, mas dialogar com eles sobre as visões que já trazem como conhecimento prévio (fruto de suas experiências vividas cotidianamente) com as visões do conhecimento científico. No caso específico de uma atividade prático-experimental desenvolvida em aulas de Física, o educador deve se pautar no constante diálogo com os estudantes (no discurso uni e multivocal), buscando identificar os conhecimentos prévios (as primeiras percepções) para o fenômeno natural que, em maior ou menor grau, está sendo ilustrado pelo experimento científico proposto. Com isso, o educador terá melhores condições de organizar todo o processo de sua atividade docente; isto é, antes de aplicar a atividade prático-experimental em sala de aula, o educador irá elaborar materiais didáticos com base nos conhecimentos prévios dos estudantes.

Ademais, devemos pensar que nossas ações pedagógicas (o que também denominamos de intervenção didática) são um conjunto de atividades e não uma atuação pontual do professor em sala de aula, especificamente para realizar uma determinada atividade prático-experimental. Por essa razão que, com base na concepção problematicadora de Freire (1987 e 1996) e na proposta de Laború (2003) para o laboratório didático em aulas de Física, organizamos nossa intervenção didática nos seguintes momentos: (1) diálogo com os estudantes para levantamento de concepções prévias; (2) elaboração de materiais e textos de apoio para a realização de atividades prático-experimentais; (3) aula introdutória sobre

alguns conteúdos disciplinares de matemática; (4) aula para a realização das atividades prático-experimentais; (5) aula para revisão, discussão e debate sobre as atividades prático-experimentais implementadas.

Importa-nos esclarecer que esta divisão em momentos (ou etapas da intervenção didática que estamos propondo) não representa um roteiro rígido (inflexível) a ser sistematicamente executado. Na prática, estes momentos são utilizados como uma espécie de guia para o professor encaminhar e organizar suas aulas acerca de atividades prático-experimentais, assim como explorar diversas questões junto com os estudantes através do estabelecimento de uma dinâmica dialógica (LABURÚ, 2003). Por isso entendemos que a intervenção didática que propomos para a presente pesquisa é formada por um processo de constante interação orgânica entre os momentos que a compõe, dado que esses momentos estão intimamente ligados entre si, tanto em termos de planejamento (elaboração de aulas), quanto em termos de ambiente escolar, no âmbito restrito da sala de aula.

2.2 Fundamentação Metodológica

Do ponto de vista metodológico de nossa pesquisa, por termos interesse em descrever e captar as problemáticas que cercam o fenômeno social que estamos investigando, optamos por uma abordagem naturalista de pesquisa, pois nossos dados de investigação, essencialmente de natureza linguística, são oriundos de situações reais e concretas que identificamos dentro de um contexto delimitado (AFONSO, 2005), a saber: um conjunto de aulas da disciplina de Física realizadas em um específico ambiente escolar.

Ademais, por admitirmos que a utilização da língua se efetua na forma de enunciados (orais e escritos), sendo todo enunciado fruto da interação entre pessoas no interior de uma situação social complexa (BAKHTIN, 2011 e 2014), nossa análise linguística possui um caráter interpretativo, visto que compreender é tomar uma posição diante dos enunciados que por natureza nunca são neutros, logo, os enunciados que criamos também nunca serão neutros.

No pensamento do Círculo, não existe um sujeito único e homogêneo na construção do enunciado: os enunciados são repletos de vozes de outrem, de posições individuais e de grupos sociais, dado que “é impossível alguém definir sua posição sem correlacioná-la com outras posições” (BAKHTIN, p. 297, 2011). Ainda,

à medida que “todo discurso é dialógico, dirigido a outra pessoa, à sua compreensão e à sua efetiva resposta potencial” (VOLOCHÍNOV, p. 168, 2013), podemos dizer que todo enunciado responde enunciados precedentes ao mesmo tempo em que desperta enunciados subsequentes.

Em outras palavras, a comunicação discursiva acontece como uma complexa cadeia de enunciados que não são indiferentes uns aos outros: todo enunciado é elaborado dentro de um processo que responde e direciona a outros enunciados. É dentro dessa lógica que Bakhtin (2011 e 2014) afirma que há responsividade e direcionalidade entre enunciados (ou melhor, enunciados precedentes e subsequentes), de modo que todo enunciado possui princípio e fim absoluto: “antes do seu início, os enunciados de outros; depois do seu término, os enunciados responsivos de outros” (BAKHTIN, 2011, p. 275).

Além disso, os enunciados são dialógicos e envolvem vários interlocutores, logo são repletos de vozes (individuais e coletivas), selecionadas de acordo com uma específica situação social (contexto extraverbal) e um determinado campo da comunicação (os chamados gêneros discursivos: conteúdo temático, organização composicional e estilo de linguagem).

Ou seja, não há coerência metodológica em isolarmos um único enunciado da cadeia complexa que este pertence para analisarmos nossa intervenção didática (enquanto fenômeno social que estamos investigando). Por isso, se não levarmos em conta a relação dos sujeitos do diálogo, seus enunciados precedentes e subsequentes e o contexto amplo e específico (parte verbal e extraverbal) no qual esses enunciados são produzidos, é impossível compreendermos a cadeia complexa de enunciados oriundos do contexto que delimitamos.

Eis, então, nossa proposta de investigação: uma análise da complexa cadeia de enunciados que emerge - tanto do interior (parte verbal), quanto do exterior (contexto extraverbal) - do ambiente delimitado de nossa intervenção didática.

2.3 Metodologia de Ensino

Com base na concepção problematizadora, assim como na proposta de Laború (2003) para o laboratório didático em aulas de Física, para a realização de nossa pesquisa, primeiramente delimitamos o contexto escolar e o conteúdo disciplinar de Física para nossa intervenção didática: movimento retilíneo com aceleração constante (caso ideal denominado de queda livre) em uma turma de

primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia, localizada no município de Garibaldi, estado do Rio Grande do Sul.

No tocante ao cronograma de nossa proposta didática, apresentamos na tabela abaixo uma breve descrição e os objetivos em cada momento que elencamos em nossa fundamentação teórica.

Tabela 2: Cronograma completo de nossa intervenção didática para a presente pesquisa.

Data	Momento	Objetivos
22/03	Levantamento de concepções prévias dos estudantes (Apêndice 1).	Investigar as concepções prévias dos estudantes sobre os temas queda dos corpos, efeitos da atração gravitacional da Terra, entre outros assuntos relacionados.
26/03 - 11/04	Planejamento de aulas da intervenção didática.	Elaborar, com base nos questionários e nos diálogos em sala de aula com os estudantes, materiais e textos de apoio para o desenvolvimento de atividades prático-experimentais em sala de aula.
12/04	Aula de revisão sobre Funções Linear e de Segundo Grau.	Revisar alguns conceitos matemáticos indispensáveis para melhor discussão das atividades prático-experimentais.
19/04	Atividades prático-experimentais em aulas de Física (Apêndice 2).	Realizar as atividades prático-experimentais planejadas em sala de aula, bem como desenvolver os conteúdos disciplinares de Física sobre movimento retilíneo com aceleração constantes.
10/05	Encerramento da Intervenção Didática (Apêndice 3).	Concluir o processo, no sentido de debatermos o todo dos conteúdos da física e da matemática que utilizamos a fim de estabelecermos um melhor entendimento das atividades prático-experimentais.

Fonte: autora da pesquisa.

Conforme afirmamos, as etapas descritas na tabela acima não ilustram um roteiro rígido, mas sim um guia aberto para o desenvolvimento de nossa intervenção didática. Sobretudo, convém destacarmos que nossas ações não foram totalmente planejadas para então serem aplicadas em sala de aula. Pelo contrário, à medida que nosso diálogo com a turma se desenvolvia, fomos elaborando as próximas etapas com base nos conhecimentos prévios dos estudantes (análise de questionário, de anotações em diário de campo).

Do mais, convém esclarecermos que na aula de revisão os estudantes estavam organizados individualmente, cada qual fazendo as anotações em seu próprio caderno, enquanto que nas aulas de atividades prático-experimentais, a turma se organizou em grupos, com no máximo cinco estudantes.

2.4 Constituição do *corpus* da pesquisa

Naturalmente que, por se tratar de uma pesquisa acadêmica, antes de iniciar qualquer ação investigativa de coleta de dados, entramos em contato, em primeiro lugar, com a direção da escola para expor nossos objetivos de pesquisa, bem como o contexto do curso de Especialização em Ensino de Matemática para a Educação Básica. Na sequência, com anuência da direção da escola, apresentamos para os estudantes da turma de primeiro ano um termo de consentimento e outro compromisso, solicitando aos estudantes que concordassem em participar desta pesquisa os assinassem.

Concluída a parte burocrática, passamos para a realização da pesquisa de campo propriamente dita (ou seja, para a realização da intervenção didática e a coleta de dados). Conforme afirmado, nossos dados de pesquisa foram de natureza linguística, isto é, enunciados pertencentes a uma complexa cadeia que emergiu do interior de uma situação social que delimitamos.

Essencialmente, agrupamos enunciados escritos para formar nosso *corpus* de pesquisa em dois níveis, quais sejam: questionários (Apêndice 1) e materiais didáticos (Apêndices 2 e 3) respondidos pelos estudantes (enunciados entendidos por nós como parte verbal) e anotações em diários de campo, documentos da escola e diário de classe, enquanto contexto extraverbal da situação social que estamos investigando.

Por fim, agrupamos e organizamos todo material para analisá-los seguindo os pressupostos teóricos do Círculo de Bakhtin. Em essência, com base na perspectiva bakhtiniana, os enunciados não são criados de maneira totalmente livre, pois além de seguirem características relativamente estáveis de uma específica esfera da atividade humana (gêneros discursivos), os enunciados estão repletos de vozes (individuais e coletivas), seguem uma lógica de responderem e direcionarem, simultaneamente, outros enunciados (anteriores e posteriores) e, ainda, possuem uma estreita relação com o contexto extraverbal em que foram produzidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a lógica da análise de enunciados proposta pelo Círculo de Bakhtin, descrevemos, em primeiro lugar, o contexto extraverbal que delimitamos para nossa pesquisa (contexto amplo do Instituto Irmã Teofânia e contexto específico da turma de primeiro ano de Ensino Médio) para, na sequência, realizarmos uma análise sobre os enunciados que selecionados como parte verbal (questionários e avaliações realizadas pelos estudantes) oriundos das aulas de nossa intervenção didática centradas na aplicação de atividades prático-experimentais.

3.1 Descrição do contexto extraverbal

O Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia, que oferece cursos nos três turnos, registrou no início de 2018 o número de 724 estudantes regularmente matriculados, divididos em turmas de Ensino Médio, Educação para Jovens e Adultos (EJA) e Técnico em Contabilidade. Em geral, os estudantes do Ensino Médio são oriundos de Escolas Fundamentais do próprio município de Garibaldi, majoritariamente da zona urbana. Por fim, em termos de infraestrutura, a escola possui 21 salas de aula, quadra poliesportiva, refeitório e sala de informática, mas não possui ambientes para laboratórios de Ciências (Química, Física e Biologia).

Na turma de primeiro ano que realizamos a intervenção didática, todos estudantes concordaram em participar de nossa pesquisa. Trata-se de um grupo de 19 estudantes, com idades entre 15 e 18 anos, dos quais seis estão cursando novamente o primeiro ano e outros dois são oriundos de escolas seriadas.

Quanto aos conhecimentos prévios dos estudantes, investigados sobretudo por meio de questionário (Apêndice 1), identificamos que poucos destes estudantes ao longo do Ensino Fundamental tiveram contato com temas relacionados à disciplina de Física. Ainda, sendo a linguagem matemática indispensável para o estudo da Física, a maioria dos estudantes relatou algumas dificuldades com conceitos matemáticos básicos, em especial, funções e gráficos. Por fim, especificamente sobre o movimento de queda de corpos, tema principal de nossa intervenção didática, todos apresentaram de modo geral respostas coerentes sobre a queda dos corpos em situações reais (considerando o atrito do ar). Porém, foi possível identificarmos algumas incoerências no caso ideal de queda livre (na idealização sem atrito do ar), principalmente de que corpos mais pesados (com maior massa) tendem a cair mais depressa do que os corpos mais leves.

3.2 Descrição e análise das aulas da intervenção didática

Neste subitem, optamos por fazer uma análise das duas últimas aulas de nossa intervenção didática, centradas na realização e avaliação das atividades prático-experimentais propostas. Isso não significa que nossa aula de revisão sobre funções linear e de segundo grau seja dispensável para o todo de nossas ações pedagógicas. De fato, a aula de revisão foi fundamental para desenvolvermos uma abordagem matemática, sobretudo elaborada com base nos conhecimentos prévios dos estudantes, e que seria posteriormente articulada com as próximas aulas sobre as atividades prático-experimentais, bem como estabelecermos um ambiente dialógico com a turma com base no discurso multi e univocal.

Então, a partir dos materiais didáticos que elaboramos para posteriormente serem respondidos pelos grupos de estudantes formados para a realização as atividades prático-experimentais, foi possível emprendermos uma análise bakhtiniana destes enunciados, enquanto parte verbal de uma cadeia dialógica, em constante interação orgânica com o contexto extraverbal escolar amplo e específico.

Na primeira atividade prático-experimental (Apêndice 2), cujo objetivo principal estava na medição do diâmetro e do perímetro de diversos círculos, os grupos de estudantes mostraram domínio na obtenção e organização dos dados. Em contrapartida, na interpretação dos dados, foi preciso mais uma vez resgatarmos os conteúdos abordados na aula de revisão sobre função linear e sobre a construção de gráficos a partir dos valores do diâmetro e do perímetro. De certo modo, tal dificuldade no desenvolvimento matemático dos estudantes é reflexo do contexto histórico formativo deles, por vezes expressado no questionário prévio. Na figura abaixo apresentamos parte dos enunciados de um grupo de estudantes.

Objeto	Diâmetro (mm)	Perímetro (mm)
A	50 mm	165 mm
B	60 mm	185 mm
C	60 mm	185 mm
D	40 mm	125 mm
E	30 mm	100 mm

(a)

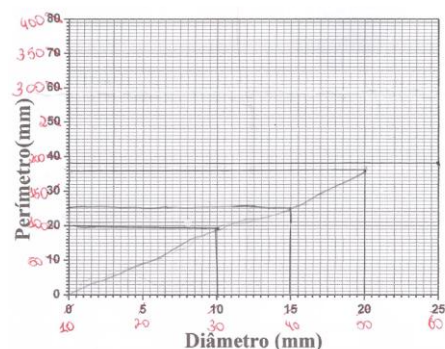


Figura 1: enunciados escritos por um grupo de estudantes (a) tabela e (b) gráfico para as medidas do diâmetro e da circunferência de cinco círculos diferentes.

Embora a figura anterior seja apenas um exemplo de enunciado referente à

atividade de determinação do número π , encontramos de modo geral enunciados semelhantes em todos os grupos que participaram desta atividade. Notadamente, identificamos ao longo da aula, fase de construção dos enunciados, uma grande dificuldade da turma na abordagem matemática para a análise dos dados, o que, convém lembrar, já havia sido identificado no questionário para levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Nesse sentido, buscamos auxiliar os estudantes, grupo a grupo, na determinação do coeficiente linear da reta obtida com os dados experimentais. Em verdade, por já terem conhecimento do valor esperado da resposta, isto é, o valor do número $\pi = 3,1415\dots$, alguns estudantes, ao obterem valores próximos (como por exemplo, $\pi = 3,33$ ou $\pi = 3,08$) e não “exatos”, levantaram o questionamento se de fato tinham realizado de maneira correta os cálculos. Este episódio pode representar, por exemplo, a direcionalidade do enunciado dos estudantes, no sentido de buscarem apresentar uma “resposta correta” para o professor. Ou seja, trata-se de uma preocupação em se obter o resultado entendido como correto pelo professor e, naturalmente, estabelecido pelo conhecimento científico.

Este episódio também se mostrou propício para acrescentarmos elementos importantes para o debate, em especial, os erros experimentais: de que o erro é intrínseco ao ato de medir. Deste modo, ao registramos as medidas com a utilização de barbantes e régua, estamos notadamente utilizando equipamentos não muito precisos e que podem, de fato, explicar o erro encontrado na determinação do número π . Com isso, foi possível não apenas refletimos sobre os resultados encontrados nesta atividade prático-experimental e os erros de medidas, mas também estender estas reflexões para a ideia de “método científico” e sua possibilidade para a construção do conhecimento científico.

Assim, para a sequência da intervenção (Apêndice 3), em primeiro lugar, organizamos os grupos para elaborarem uma montagem experimental adequada para a coleta de dados de alguns objetos em “queda livre”. Basicamente, os grupos fixaram em uma parede da sala de aula uma fita métrica na posição vertical fazendo marcações de 15 cm, de modo que esta fita serviu de referência para os objetos serem soltos. Ainda, todo o aparato experimental foi montado com base no contraste de cores entre a parede, a fita, as marcações e os objetos, possibilitando que nas filmagens todos estes elementos ficassem nitidamente perceptíveis.

Realizada as filmagens, partimos para a etapa de determinação do tempo de

queda de um objeto para uma determinada altura (estabelecida de acordo com a marcação na fita métrica fixada na parede). Para tal, foi utilizado o recurso de *slow motion* das câmeras de celulares que filmamos os objetos em queda.

Na figura 2, exibimos os gráficos elaborados pelos estudantes (enunciados escritos) nos dois momentos de discussão sobre a queda dos corpos, ou seja, as duas últimas etapas de nossa intervenção didática: uma de efetiva realização da atividade prático-experimental para a obtenção de dados experimentais e outra para analisarmos e avaliarmos os resultados encontrados na literatura (caso ideal de queda livre), bem como para debatermos aspectos teóricos e os possíveis erros encontrados ao determinarmos experimentalmente a aceleração da gravidade.

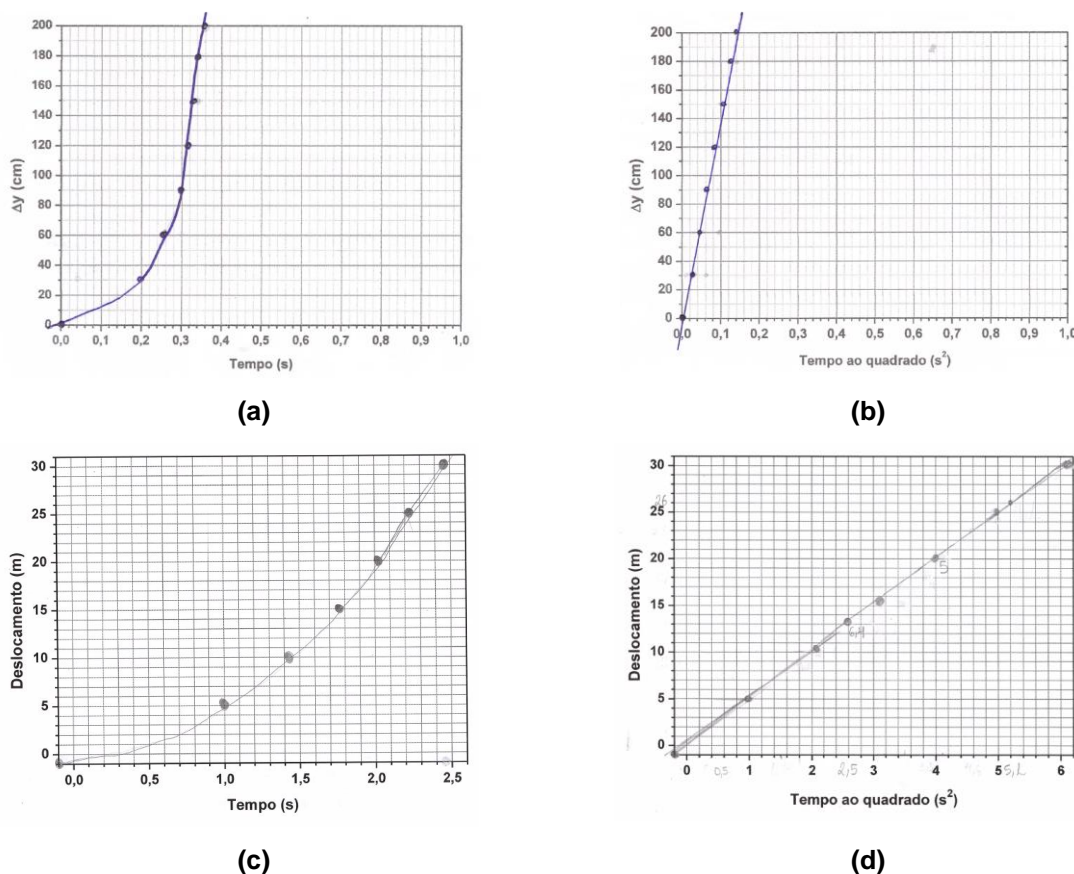


Figura 2: exemplo de gráficos construídos pelos estudantes a partir de medidas da altura de um objeto em queda em função do tempo **(a)** e **(b)** para dados obtidos experimentalmente através de filmagens em sala de aula, **(c)** e **(d)** para dados da literatura para o caso ideal de queda livre.

Ao analisarmos os resultados dos estudantes obtidos a partir dos dados experimentais, percebemos que nenhum grupo chegou ao valor próximo do que consideramos como valor teórico para a aceleração da gravidade: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (valor padrão que não considera a posição, latitude e longitude, e a altitude do local de

obtenção dos dados). Com isso, novamente os grupos buscaram apresentar um enunciado coerente com o esperado (de apresentar a “resposta correta”), o que em termos bakhtinianos podemos entender como direcionalidade do enunciado.

Para discutirmos a grande diferença entre os resultados experimentais e teóricos, iniciamos com os grupos uma revisão dos cálculos matemático para a determinação de um valor para a gravidade local, no sentido de verificarmos se no desenvolvimento destes cálculos não foi cometido algum erro que pudesse justificar a discrepância entre os valores de g encontrados. Feita a revisão sem nenhum equívoco detectado, partimos para uma análise do ponto de vista de confiabilidade dos dados experimentais, isto é, se com o nosso aparato experimental teríamos condições de coletarmos dados relativamente confiáveis para determinarmos um valor para a gravidade local.

Nesse contexto, de modo coletivo os grupos elencaram como possíveis fontes de erros experimentais a presença do ar durante a queda dos corpos (uma vez que o caso ideal de queda livre se considera o vácuo), as marcações da fita métrica pregada verticalmente na parede da sala (podendo estas não estarem necessariamente espaçadas exatos de 15 cm), o processo de filmagem, que não foi extremamente cuidadoso (com a câmera não estando fixa, por exemplo) e, por fim, a própria leitura dos tempos de queda por meio da filmagem.

Em resumo, este episódio foi importante por nos possibilitar levantar uma discussão com a turma sobre as dificuldades intrínsecas às atividades prático-experimentais, assim como refletir sobre as equações teóricas, usualmente abordadas como infalíveis nas aulas de Física pautadas na resolução de problemas. Para além, acreditamos ter sido importante o diálogo com os estudantes sobre as possibilidades de questionamento sobre os dados obtidos e na busca por alternativas de melhoria no aparato experimental.

De fato, ao apresentarmos na última aula de nossa intervenção didática valores encontrados na literatura para o deslocamento e o tempo de queda para um objeto considerado em queda livre, os estudantes conseguiram construir os gráficos e desenvolver corretamente os cálculos matemáticos para a determinação do valor da gravidade (Figura 2 (c) e (d)). Isto revelou um importante domínio dos conteúdos disciplinares abordados ao longo de nossas ações pedagógicas, mas que também foram contextualizados com a incoerência de pensarmos em um “método científico” como uma técnica soberana no processo de construção do conhecimento científico.

Para encerrar a intervenção didática, conversamos com os estudantes sobre a importância da mesma no contexto das aulas de Física. Nesse sentido, os alunos manifestaram-se favoráveis às atividades prático-experimentais propostas, bem como indicaram uma perspectiva para a realização de futuras (mesmo porque tal prática pedagógica foi ímpar no contexto escolar deles). Essas percepções dos estudantes nos levam a concluir que o todo de nossa intervenção didática, por um lado, foi bastante relevante para o processo de ensino e aprendizagem dessa turma, e, por outro lado, nos mostrou que é possível propormos aulas de Física que fogem ao modelo tradicional de aula e também a concepção simplista do laboratório didático, qual seja, de se obter dados experimentais para comprovar a teoria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Caminhando para o fechamento de nossa pesquisa, de início resgatamos que nossa proposição de uma dinâmica diferente para as aulas da disciplina de Física surgiu de nossa percepção do que denominamos, por um lado, de aula tradicional, pautada na memorização mecânica de fórmulas matemáticas, e, por outro lado, pensando na realização de atividades prático-experimentais, no modelo de experiências roteirizadas para a comprovação experimental da teoria. Tal percepção foi fundamental para construirmos nossa intervenção didática, pautada na concepção problematizadora da educação (FREIRE, 1987 e 1996) e no discurso multi e univocal para o laboratório didático (LABURÚ, 2003), assim como estruturamos nossas ações investigativas de acordo com as características naturalista de pesquisa (AFONSO, 2005) e analisar a linguagem com base nos contributos do Círculo de Bakhtin (BAKHTIN, 2011 e 2014; VOLOCHÍNOV, 2013).

Definidos os aspectos teóricos e metodológicos, iniciamos nossa intervenção didática, centrada na realização de atividades prático-experimentais e na abordagem do conteúdo disciplinar movimento retilíneo com aceleração constante (caso ideal de queda livre dos corpos), em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia.

Ao refletirmos sobre nossa pergunta inicial, sobre quais potencialidades podemos identificar em nossa intervenção didática, podemos concluir com base na análise que acima empreendemos sobre o todo de nossas ações pedagógicas, sobre o conjunto de atividades realizadas ao longo de todo o processo (Tabela 2),

que nossa proposta didática aqui relatada apresenta importantes indicativos de superação tanto do denominado modelo tradicional de aula, de memorização mecânica de fórmulas matemáticas, quanto do modelo de experimentos roteirizados, no contexto do laboratório didático.

Importa-nos também enfatizar que, de fato, muitas vezes precisamos reconduzir o que havíamos planejado para nossa intervenção didática, o que pode provocar a impressão de um planejamento de aula pouco adequado para nossas propostas de atividades prático-experimentais. No entanto, toda essa vivência revela a verdadeira dinâmica dialógica que buscamos desenvolver em sala de aula, isto é, de constante diálogo com os estudantes para conduzirmos nossas aulas de Física, sobretudo no sentido de identificarmos os conhecimentos prévios dos estudantes para orientarmos nossas ações pedagógicas.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, N. **Investigação naturalista em educação**. Porto: Asa, 2005.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABID, M. L. V. S. Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.
- BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 2011.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. São Paulo: HUCITEC, 2014.
- BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Cad. Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, 2005.
- FEYNMAN, R. P. O Americano, outra vez! In: Carlos Henrique Cardin (editor). **Parcerias estratégicas**. n. 9, p. 223-239, 2000.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.
- LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no Laboratório de Física: uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, 2003.
- MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**. v. 2, n.1, p. 1-13, 2017.
- PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. Atividades prático-experimentais no Ensino de

Física. **Cad. Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 2017.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no Ensino de Física: um estudo dos relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicadas em periódicos nacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

SECCO, D.; REBEQUE, P. V.; SOUZA, J. Análise da evolução dos projetos pedagógicos de um curso de formação inicial de professores de Física. **TEAR: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**. v. 6, n. 2, 2017.

SENA, M. J. C.; SILAS, A.; SILVA, R. Um laboratório didático virtual de Física pela Amazônia. **Revista do Professor de Física**. v. 2, n.1, p. 1-17, 2018.

SERÊ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no Ensino da Física. **Cad. Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, 2003.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. Proposta de laboratório de Física de baixo custo para escolas da rede pública de Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, 2017.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Cad. Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. esp., 2002.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. **Revista de Ensino de Física**. v. 6, n.2, p.76–95, 1984.

GONZALES, K. G.; GONZALES, E. G.; SABINO, J.; RIBEIRO, R. F. Reflexões sobre a função e as contribuições da experimentação no Ensino de Ciências. **UNOPAR Científica**, v. 16, n. 5, 2015.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP/Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, 2004.


VOLOCHÍNOV, V. **A construção da Enunciação e outros ensaios**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2013.

TEMPESTA, A. M.; GOMES, L. C. Contribuições de um museu de Ciências para a formação docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, 2017.

VENEU, A.; FERRAZ, G.; REZENDE, F. Análise de discursos no Ensino de Ciências: considerações teóricas, implicações epistemológicas e metodológicas. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 1, p. 126-149, 2015.

VIDEIRA, A. A. P. Breves considerações sobre a natureza do método científico. In: SILVA, C. C. (org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, p. 23 - 40, 2006.

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO SOBRE CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES

 <p>INSTITUTO FEDERAL Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves</p>	<p>Escola: Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia</p> <p>Disciplina: Física</p> <p>Professora: Sandra Luiza Forest</p>
--	---

1) Qual a escola que você estudou?	2) Sexo : () feminino () masculino
3) Em que ano você nasceu?	4) Qual a sua idade?
5) A escola em que você estudou esta localizada em zona? () urbana () rural	6) Você é repetente? () sim () não
7) A escola que você estudou tem estudos seriados? () sim () não	8) No ano de 2017 você teve o conteúdo de física na disciplina de ciências (8ª série ou 9º ano)? () sim () não
9) No ano de 2017 você teve o conteúdo de física na disciplina de ciências (8ª série ou 9º ano)? () sim () não	10) Assinale abaixo quais os termos que você conhece da física: () movimento () queda livre () trajetória () força () resistência () velocidade
10) Descreva, abaixo, o que você lembra de conteúdos de física?	11) Cite, na sua opinião, alguns usos da física que você conhece?
12) Você já ouviu falar no termo “Queda Livre” ou “Movimento de Queda Livre dos Corpos”? () sim () não Comente:	13) Você já ouviu falar no termo aceleração da gravidade? () sim () não Comente:
14) Na sua opinião, quem cai primeiro um tijolo ou uma pena?	15) Se soltarmos do alto de um prédio uma bola e uma pena, qual chegará primeiro ao chão?
16) Se soltarmos uma folha de papel amassada e outra não amassada, lançadas da mesma altura. Na sua opinião qual a folha que chega antes ao solo?	17) Se você jogar sua borracha e uma folha de papel, ambas da mesma altura, quem chegará primeiro.
18) Você saberia explicar, com suas palavras, o que é “Queda Livre” ou “Queda Livre dos Corpos”?	

APÊNDICE 2 – ATIVIDADE PRÁTICO-EXPERIMENTAL: O NÚMERO π

	INSTITUTO FEDERAL Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves	Escola: Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia Disciplina: Física Professora: Sandra Luiza Forest
--	---	--

A figura abaixo ilustra círculos de diferentes tamanhos.

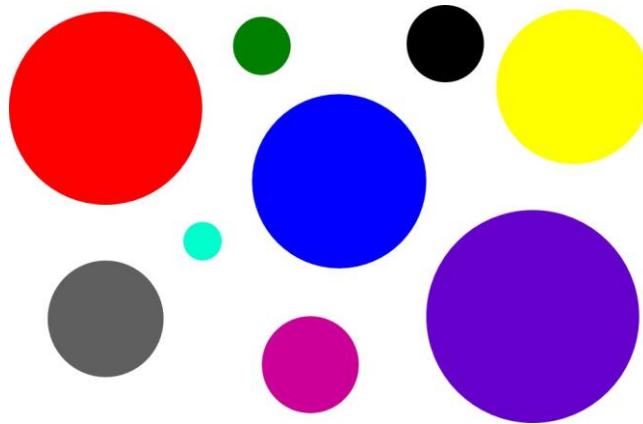


Figura 01: Ilustração de diferentes círculos.

Sendo o perímetro de um círculo (comumente chamado de circunferência) a medida de uma volta completa ao seu redor (comprimento do círculo, em outras palavras) e o diâmetro do círculo a medida de qualquer segmento de reta que passe pelo seu centro, podemos investigar experimentalmente se há alguma relação entre esses elementos do círculo. Isto é, se nos círculos existe alguma maneira, do ponto de vista matemático, de relacionar o perímetro com o diâmetro.

Com isso, buscamos responder a seguinte pergunta: seria possível determinarmos o diâmetro de um círculo sabendo apenas o seu perímetro? Ou o contrário, seria possível determinarmos o perímetro de um círculo sabendo apenas o seu diâmetro?

Para responder a pergunta, precisamos reunir vários objetos circulares de diferentes tamanhos (tampas de garrafas, tubos ou canos, potes circulares, etc.) para, então, medirmos o perímetro e o diâmetro para cada objeto. Essas medidas podem ser feitas, por exemplo, com o auxílio de um barbante e uma fita métrica (ou mesmo régua milimetrada). Na sequência, podemos organizar todas as medidas realizadas em uma tabela, de modo que para cada objeto (A, B, C, D, ...) teremos uma medida de diâmetro e de perímetro.

Tabela 01: Medidas do diâmetro e do perímetro para vários objetos circulares.

Objeto	Diâmetro (mm)	Perímetro (mm)
A		
B		
C		
D		
E		

Para análise dos dados reunidos na tabela 01, podemos construir um gráfico perímetro \times diâmetro, conforme figura abaixo.

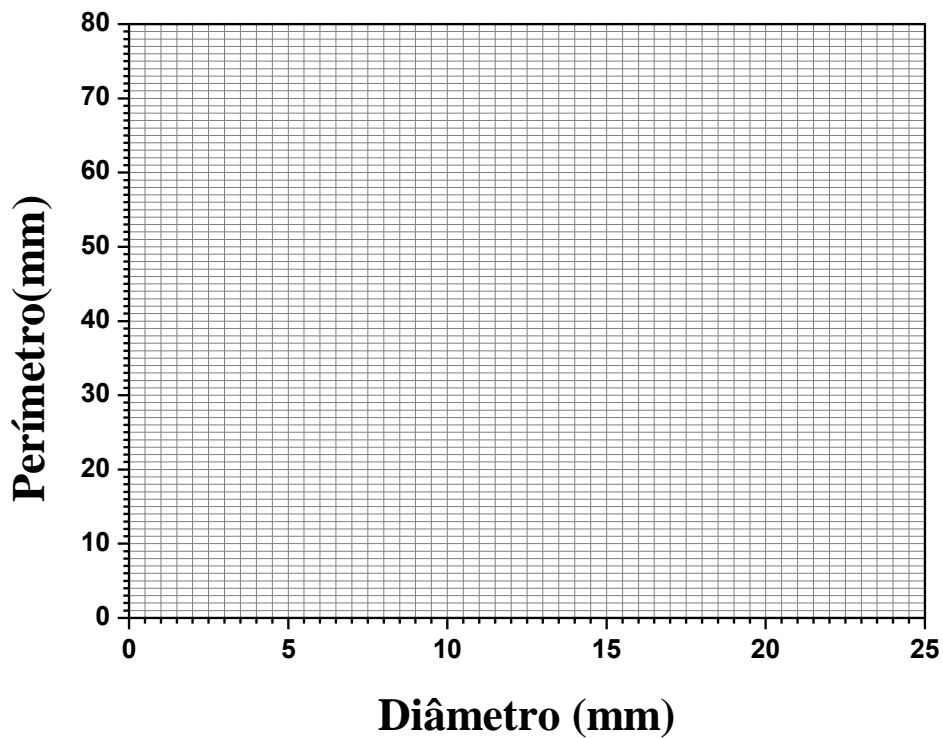


Figura 02: Gráfico perímetro \times diâmetro para vários círculos.

Com base no gráfico construído responda: é possível encontrarmos alguma relação entre o perímetro e o diâmetro? Se sim, descreva em detalhes essa relação.

APÊNDICE 3 – ATIVIDADE PRÁTICO-EXPERIMENTAL: QUEDA LIVRE

	INSTITUTO FEDERAL Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves	Escola: Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia
		Disciplina: Física
		Professora: Sandra Luiza Forest

Ao soltarmos um de certa altura (esfera metálica, por exemplo), observamos que o mesmo realiza um movimento de queda (de “cair na direção do solo”). Na prática, esse movimento sobre a ação de duas forças, quais sejam: gravidade e atrito. No caso ideal, queda livre, ao soltarmos um objeto com velocidade inicial nula de uma determinada altura, podemos desconsiderar a força de atrito exercida pelo ar e considerar apenas a força da gravidade.

Com isso, podemos estudar o comportamento de um objeto em queda livre para determinarmos experimentalmente a aceleração da gravidade local, pois neste caso, estamos considerando que o corpo em queda livre está sob ação apenas da força da gravidade. Assim, precisamos realizar medidas do tempo para diferentes alturas de uma esfera metálica em queda livre através da filmagem (geralmente em *slow motion*) com uma câmera de celular.

Para tal, basta marcarmos em uma parede uma escala para a altura, fixar a câmera adequadamente para enquadrar toda a escala, e soltar a esfera metálica. Com isso, posteriormente podemos registrar o tempo de queda para cada deslocamento, conforme ilustrado na figura abaixo.

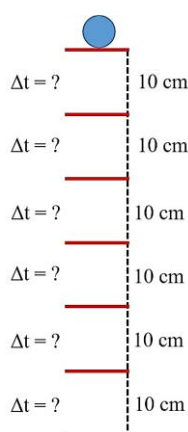


Figura 01: Ilustração de marcações em uma parede para filmagem de uma esfera metálica em queda livre.

Após a realização do experimento, podemos analisar as filmagens para determinarmos os intervalos de tempo para cada altura, assim como organizarmos os dados obtidos conforme tabela 01.

Tabela 01: Medidas dos intervalos de tempo Δt para várias alturas de uma esfera metálica em queda livre.

Altura (m)	Deslocamento (m)	Tempo (s)	Tempo ² (s ²)

Para análise dos dados reunidos na tabela 01, podemos construir **(a)** um gráfico deslocamento x tempo e **(b)** um gráfico deslocamento x tempo ao quadrado.

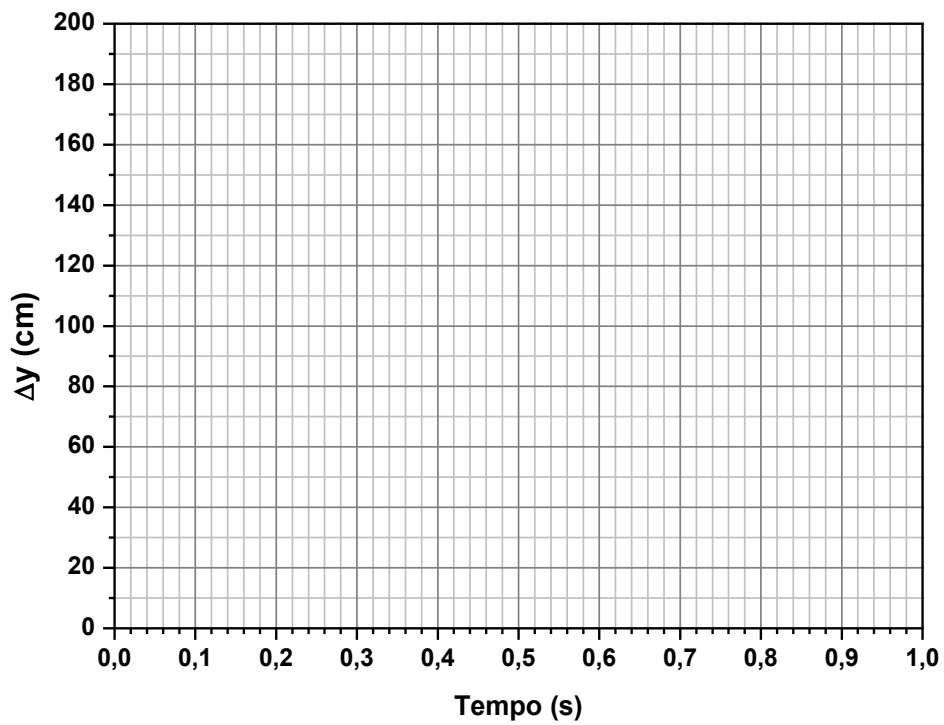


Figura 03: Gráfico deslocamento x tempo para uma esfera metálica em queda livre.

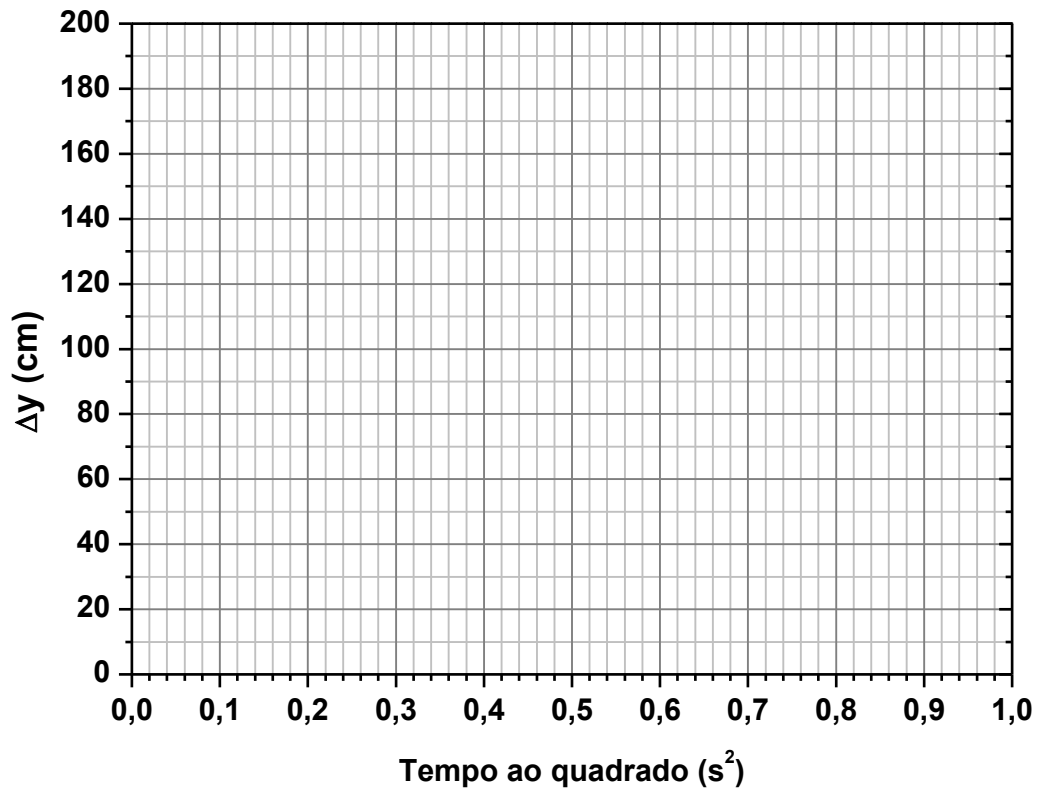



Figura 04: Gráfico deslocamento \times tempo ao quadrado para uma esfera metálica em queda livre.

Com base nos gráficos construídos nos itens (a) e (b) responda, (c) é possível encontrarmos alguma relação entre o deslocamento e o tempo de queda da esfera metálica, ou entre o deslocamento e o tempo de queda ao quadrado? Se sim, descreva em detalhes essa relação e determine uma expressão matemática que relacione deslocamento e tempo. Por fim, (d) Seria possível determinarmos a aceleração da gravidade local a partir dessa análise? Justifique sua resposta.

APÊNDICE 4 – ANÁLISE DE UM OBJETO EM QUEDA LIVRE

 INSTITUTO FEDERAL Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves	Escola: Instituto Estadual de Educação Irmã Teofânia	
	Disciplina: Física	
	Professora: Sandra Luiza Forest	

Considere as seguintes medidas, tabela 01, da altura e do tempo para um determinado objeto, solto de uma altura de 30 m. Neste caso, vamos considerar que o objeto está em queda livre, isto é, para equacionar o movimento vertical deste objeto vamos desprezar a força de atrito exercida pelo ar e considerar apenas a ação da força da gravidade.

Tabela 01: Medidas dos intervalos de tempo Δt para várias alturas de uma esfera metálica em queda livre.

Altura (m)	30	25	20	15	10	5	0
Tempo (s)	0	0,01	1,43	1,77	2,01	2,23	2,47

Podemos representar os dados da tabela em um gráfico da altura em função do tempo, conforme figura abaixo:

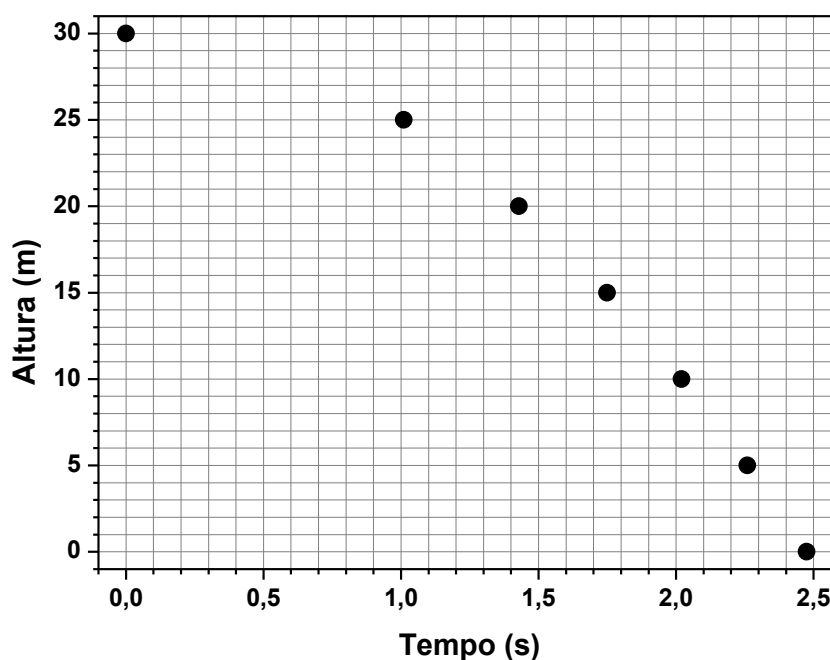


Figura 01: gráfico da altura (m) x o tempo (s) para um objeto em queda livre partindo de uma altura de 30 m.

Pelo gráfico, percebemos que o movimento de queda livre é um exemplo de Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), ou Movimento retilíneo com aceleração constante. Neste caso, é a aceleração da gravidade que atua no objeto, de modo que temos a seguinte equação para caracterizar o deslocamento do objeto em função do tempo:

$$\Delta y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

onde, v_{0y} é a velocidade inicial do objeto (nesta situação zero, pois o objeto estava em repouso no instante inicial $t_0 = 0$) e g é o valor da aceleração da gravidade.

Com isso, podemos reorganizar os dados da tabela acima e encontrar uma relação entre o deslocamento (Δy), tempo (t) e o tempo ao quadrado (t^2).

Tabela 02: Valores do deslocamento (Δy) e do tempo Medidas dos intervalos de tempo Δt para várias alturas de uma esfera metálica em queda livre.

Deslocamento (m)	0	5	10	15	20	25	30
Tempo (s)	0	0,01	1,43	1,77	2,01	2,23	2,47
Tempo² (s²)							

Para finalizar, podemos analisar os dados reunidos na tabela 02 a partir da elaboração de gráficos: **(a)** deslocamento x tempo e **(b)** deslocamento x tempo ao quadrado. Dessa forma, temos como encontrar uma relação entre essas grandezas e determinar um valor aproximado para a aceleração da gravidade.