

DESENVOLVENDO ATIVIDADES PRÁTICO-EXPERIMENTAIS EM AULAS DE FÍSICA NO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO

Developing practical-experimental activities in Physical classes in the first year of high school

Sandra Luiza Forest (sandraluizaforest@gmail.com)

*16° Coordenadoria Regional de Educação do Estado do Rio Grande do Sul.
Av. Presidente Costa e Silva, 115, Planalto – Bento Gonçalves/RS*

Paulo Vinícius Rebeque (paulo.rebeque@bento.ifrs.edu.br)

*Instituto Federal do Rio Grande do Sul - campus Bento Gonçalves
Av. Osvaldo Aranha, 540, Juventude da Enologia – Bento Gonçalves/RS*

Recebido em: 26/10/2018

Aceito em: 07/06/2019

Resumo

Neste trabalho, investigamos as potencialidades de atividades prático-experimentais em aulas de Física para uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual. Para tal, partimos da emergente necessidade de superação do modelo tradicional de aulas para a disciplina da Física, pautado na memorização, e do modelo de experiências roteirizadas, para o caso do laboratório didático. Assim, nossa intervenção didática proposta para esta pesquisa foi norteada por uma concepção problematizadora da educação, centrada nos conhecimentos prévios dos estudantes e nos discursos uni e multivocal entre professores e estudantes. Do ponto de vista metodológico, adotamos uma abordagem naturalista de pesquisa, de modo a reunirmos dados de natureza linguística, enunciados orais e escritos oriundos de uma situação real e concreta, para analisá-los segundo a proposta do Círculo de Bakhtin. De modo geral, nossos resultados indicam que nossa proposta didática contribuiu para o estabelecimento de uma dinâmica dialógica que despertou uma participação ativa dos estudantes. Em especial, nossas ações investigativas sobre o contexto escolar amplo e os conhecimentos prévios dos estudantes se mostraram fundamentais para elaborarmos atividades prático-experimentais relevantes para o desenvolvimento dos conteúdos disciplinares da Física.

Palavras-chaves: Atividade prático-experimental; Educação problematizadora; Análise bakhtiniana.

Abstract

In this work, we investigate the potential of practical-experimental activities in physical classes in the first year of high school. For this, we start from the emerging necessity of overcoming the traditional model of classes for the discipline of physics, based on memorization, and the model of scripted experiences, in the case of the didactic laboratory. The theoretical basis of our didactic intervention was guided by the problematizing conception of education, focused on the students' previous knowledge and on the uni and multivocal discourses between teachers and students. From the methodological point of view, we adopted a naturalistic approach to research, in order to gather data of a linguistic nature, oral and written statements from a real and concrete situation, to analyse them according to the proposal of the Bakhtin's Circle. In general, our results indicate that our didactic proposal contributed to the establishment of a dialogic dynamic and an active participation of students. In particular, our investigations about the school context and students' previous knowledge have been fundamental to elaborate practical-experimental activities relevant to the development of

the contents of Physics in the classroom.

Keywords: practical-experimental activity; Problematizing education; Bakhtinian analysis.

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. Tal modelo de aula há tempos vem sendo problematizado na literatura acadêmica brasileira (VILLANI, 1984; MOREIRA, 2000 e 2017; PIETROCOLA, 2005), ao passo que inúmeras práticas pedagógicas, com os mais diversos enfoques e dinâmicas, têm sido elaboradas, implementadas e avaliadas com o objetivo de superação deste 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 prático-experimentais) nas aulas de Física (GRANDINI e GRANDINI, 2004; PEREIRA e MOREIRA, 2018). 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), de modo que este tipo de prática pedagógica tem se mostrado importante para minimizar as dificuldades cotidianas encontradas no contexto escolar das aulas de Física (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Na escola brasileira, talvez a primeira proposta efetiva de inserção do laboratório didático na disciplina 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”¹. Em contrapartida, algumas pesquisas acadêmicas têm nos indicado a necessidade de superação de atividades prático-experimentais pautadas no modelo do “método científico”, de replicação fiel de experiências científicas roteirizadas que, por sua vez, reproduzem de outra maneira o modelo tradicional de memorização mecânica (BORGES e GOMES, 2005; PENA e RIBEIRO FILHO, 2009; GONZALES *et al.*, 2015).

Ainda que a questão da infraestrutura das escolas pode ser um fator limitante para promovermos atividades prático-experimentais nas aulas de Física, dado que em muitas escolas há falta de ambientes e equipamentos adequados para a realização de ações pedagógicas dessa natureza, por vezes, encontramos na literatura algumas alternativas, tais como a construção de experimentos com materiais recicláveis e de baixo custo (SILVA e LEAL, 2017), a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) - laboratórios virtuais (SENA, SILAS e SILVA, 2018) e *softwares* livres (BEZERRA JR. *et al.*, 2012) - ou a partir de visitas a feiras e/ou museus de Ciências, ou eventos de divulgação científica (TEMPESTA e GOMES, 2017).

De fato, muitas são as possibilidades para desenvolvermos práticas pedagógicas focadas em atividades prático-experimentais nas aulas de Física do Ensino Médio. Laburú (2003), por exemplo, nos apresenta as potencialidades de uma prática pedagógica centrada simultaneamente no discurso univocal (discurso do professor para os alunos no sentido de provocar reflexões, de organizar hipóteses, de conduzir o debate) e multivocal (diálogos entre professor/alunos e alunos/alunos). Trata-

¹ O 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).

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 uma pesquisa nesta perspectiva, 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 de primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual. Para tal, nos fundamentamos teoricamente na concepção problematizadora da educação (FREIRE, 1987 e 1996), assim como na proposta de Laburú (2003) para o laboratório didático em aulas de Física (discurso uni e multivocal). Do ponto de vista metodológico, adotamos os pensamentos do Círculo de Bakhtin² para analisarmos a linguagem, enquanto fenômeno da comunicação humana, desse amplo contexto investigativo (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 em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio?

Com isso, para a operacionalização de nossa investigação, traçamos os seguintes objetivos:

- 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.

Fundamentação Teórica

Ao pensarmos em novas práticas pedagógicas para as aulas de Física, em especial sobre atividades prático-experimentais, temos consciência que devemos superar, simultaneamente, o

² 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).

modelo tradicional de aula (de memorização mecânica de fórmulas matemáticas) 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 da educação: 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, Freire (1987, 1996) nos apresenta a educação problematizadora: prática libertadora porque afirma a dialogicidade, a relação dinâmica dos sujeitos entre si e com o mundo.

Na tabela 1, apresentamos algumas das principais características dessas concepções de educação.

Tabela 1: Educação Bancária *versus* Educação Problematizadora, segundo Freire (1987 e 1996).

Bancária	Problematizadora
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

Na perspectiva problematizadora, o papel do professor de Física não se resume a falar aos estudantes sobre conteúdos científicos, muito menos tentar impô-los. Pelo contrário, o professor deve promover o diálogo com os estudantes, buscar apreender as visões de mundo que eles já trazem como conhecimento prévio (fruto de suas experiências vividas cotidianamente), para, então, empreender uma dinâmica de reflexões e debates, geralmente conflituosos, entre as visões de mundo.

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 professor 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, deve-se elaborar materiais didáticos com base nos conhecimentos prévios dos estudantes e no contexto extraverbal escolar.

Ademais, devemos pensar que nossas ações pedagógicas 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 problematizadora de Freire (1987 e 1996) e na proposta de Laburú (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 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).

Fundamentação Metodológica

Por termos interesse em descrever e captar as problemáticas que cercam o fenômeno social que estamos investigando, optamos por uma abordagem naturalista de pesquisa (AFONSO, 2005), pois nossos dados de investigação, essencialmente de natureza linguística, são oriundos de situações reais e concretas que identificamos dentro de um contexto delimitado, 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. 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 estamos investigando.

Metodologia de Ensino

Para a realização de nossa intervenção didática, primeiramente delimitamos o contexto escolar

e o conteúdo disciplinar de Física: movimento retilíneo com aceleração constante (“queda livre”) em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual.

Convém destacarmos que nossas ações pedagógicas não foram totalmente planejadas para então serem implementadas em sala de aula. Pelo contrário, nosso primeiro passo foi vincular o contexto extraverbal aos nossos objetivos: infraestrutura da escola e conteúdos da disciplina em andamento. Ademais, à medida que nosso diálogo com a turma se desenvolvia, fomos elaborando as próximas etapas com base nos conhecimentos prévios dos estudantes.

Na tabela abaixo, apresentamos uma breve descrição e os objetivos de cada momento que elencamos em nossa fundamentação teórica, sendo que os encontros realizados, aulas regulares da disciplina de Física, tiveram duração de 1 hora e 40 minutos ao longo de quatro semanas.

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

Momento	Objetivos
<u>1º Encontro</u> : levantamento de concepções prévias dos estudantes (questionários e discursos uni e multivocal).	Investigar as concepções prévias dos estudantes sobre os temas queda dos corpos, efeitos da atração gravitacional da Terra, entre outros assuntos relacionados.
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.
<u>2º Encontro</u> : aula de revisão sobre Funções Linear e de Segundo Grau.	Revisar alguns conceitos matemáticos indispensáveis para melhor discussão das atividades prático-experimentais a serem realizadas na sequência da intervenção.
<u>3º Encontro</u> : atividades prático-experimentais (ver Apêndices 1 e 2).	Realizar as atividades prático-experimentais planejadas em sala de aula, bem como desenvolver os conteúdos disciplinares de Física sobre movimento retilíneo com aceleração constante.
<u>4º Encontro</u> : encerramento da intervenção didática (ver 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.

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. Na sequência, com anuência da direção, apresentamos para os estudantes da turma de primeiro ano um termo de consentimento e de compromisso. Concluída a parte burocrática, passamos para a realização da pesquisa de campo propriamente dita (para a realização da intervenção didática).

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. Com isso, agrupamos enunciados orais e escritos para formar nosso *corpus* de pesquisa em dois níveis, quais sejam: questionários e materiais didáticos respondidos pelos estudantes (enunciados entendidos por nós como parte verbal) e anotações em diários de campo, documentos da escola e diário de classe,

como contexto extraverbal da situação social que estamos investigando.

Por fim, agrupamos e organizamos todo material para analisá-lo 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.

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 da Escola Pública Estadual e contexto específico da turma de primeiro ano de Ensino Médio) para, na sequência, realizarmos a descrição e a análise sobre os enunciados escritos que selecionados como parte verbal (anexos 1, 2 e 3) oriundos dos últimos dois encontros de nossa intervenção didática.

Descrição do contexto extraverbal

A instituição de ensino que desenvolvemos as atividades prático-experimentais nas aulas de Física 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, ofertados nos três turnos. Em geral, os estudantes do Ensino Médio são oriundos de Escolas Fundamentais do próprio município, majoritariamente da zona urbana e pertencentes as classes sociais B, C e D.

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). Nesse contexto, tivemos que planejar nossas atividades prático-experimentais para serem realizadas no ambiente da própria sala de aula, sendo utilizados materiais de baixo-custo e câmera de celular, além de estabelecer uma divisão da turma em grupos com o máximo cinco estudantes.

A turma de primeiro ano que realizamos a intervenção didática contou com 19 estudantes, com idades entre 15 e 18 anos, dos quais seis estavam cursando novamente o primeiro ano e outros dois concluíram o ensino fundamental em escolas seriadas. Do mais, as aulas eram no turno da manhã, de modo que muitos destes estudantes trabalhavam no período da tarde.

Quanto aos conhecimentos prévios dos estudantes, investigados por meio de questionário e diálogos em sala de aula, identificamos que poucos destes estudantes ao longo do Ensino Fundamental tiveram contato com temas relacionados à disciplina de Física, mesmo os estudantes retidos se mostraram poucos familiarizados com conceitos e teorias abordados na disciplina de Física. Ainda, sendo a matemática indispensável para o estudo da Física, a maioria dos estudantes relatou algumas dificuldades com conceitos matemáticos básicos, em especial, funções e gráficos.

Especificamente sobre o movimento de queda de corpos, tema principal de nossa intervenção didática, não havíamos desenvolvido esses conteúdos de modo sistemático na disciplina de Física (conteúdo denominado de cinemática). Justamente por essa razão que optamos pela atividade prático-experimental de queda livre, para investigarmos as percepções dos estudantes, conhecimentos prévios, em relação ao assunto. Neste sentido, todos estudantes apresentaram de modo geral respostas coerentes sobre a queda dos corpos em situações reais, quando considerado o atrito devido ao ar.

Porém, foi possível identificarmos algumas incoerências no caso ideal de “queda livre”, no modelo ideal sem atrito com o ar, principalmente de que corpos mais pesados (com maior massa) tendem a cair mais depressa do que os corpos mais leves (com menor massa).

Com isso, em acordo com nossos referenciais Teórico e Metodológico, ter a percepção dos conhecimentos prévios dos estudantes e do contexto extraverbal escolar (amplo e específico) foi importante não apenas para o planejamento de nossas ações pedagógicas, notadamente das atividades prático-experimentais, mas também para analisarmos de modo coerente os enunciados orais e escritos dos estudantes, expressos nos recorrentes diálogos em sala de aula e no material didático que elaboramos para as atividades prático-experimentais (anexos 1, 2 e 3).

Descrição e análise das aulas da intervenção didática

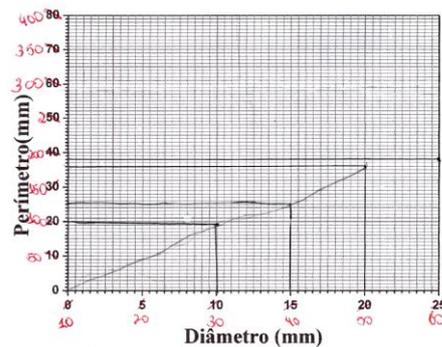
Na primeira atividade prático-experimental (Apêndice 1), cujo objetivo principal estava na medição do diâmetro e do perímetro de diversos círculos, os grupos de estudantes mostraram domínio na obtenção e organização dos dados. Neste momento, houve o predomínio de um discurso multivocal, sobretudo entre os estudantes do mesmo grupo. Em contrapartida, no tratamento matemático e interpretação, prevaleceu o discurso univocal, uma vez que foi preciso resgatarmos os conteúdos abordados na aula de revisão sobre função linear e sobre a construção de gráficos (2º Encontro de nossa intervenção didática).

Pensando no contexto extraverbal específico, tal dificuldade no desenvolvimento matemático destes estudantes pode ser reflexo do contexto histórico formativo, por vezes marcado por uma formação precária no ensino fundamental, pela retenção escolar ou ainda por terem que conciliar os estudos com o trabalho. Com isso, nosso constante diálogo com os estudantes (discurso multivocal) foi fundamental para investigarmos os conhecimentos prévios deles e, para além de elaborarmos um material didático, cadenciarmos os conteúdos disciplinares relacionados às atividades prático-experimentais (discurso univocal).

Na figura abaixo apresentamos recortes dos enunciados, escritos por um dos grupos de estudantes que realizaram a atividade em sala de aula, no que diz respeito à organização e tratamento matemático dos dados experimentais obtidos.

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)



(b)

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.

Na determinação do número π , encontramos enunciados semelhantes em todos os grupos envolvidos. Notadamente, identificamos ao longo da aula, fase de construção dos enunciados, uma grande dificuldade da turma na abordagem matemática para a análise dos dados experimentais, o que,

convém lembrarmos, já havia sido identificado no questionário para levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. Por isso, buscamos auxiliar os estudantes por meio de um discurso univocal 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 $\pi = 3,08$) levantaram o questionamento se de fato tinham realizado de maneira correta os cálculos. Este questionamento pode representar, em termos bakhtinianos, os conceitos de vozes, de responsividade e de direcionalidade, intrínsecos ao processo de construção de enunciados, no sentido de os estudantes buscarem responder o enunciado do professor (Apêndice 1) de modo “correto”, ao mesmo tempo em que direcionam o próprio enunciado com base em vozes do conhecimento científico. Em outras palavras, tendo em mente as dinâmicas avaliativas características do contexto escolar, os enunciados dos estudantes, que são respostas ao enunciado do professor, apresentaram forte direcionalidade, pois expressavam a preocupação dos estudantes em se obter o resultado entendido como correto pelo professor (estabelecido pelo conhecimento científico).

Este episódio se mostrou propício para estabelecermos um discurso multivocal e debatermos elementos importantes sobre a atividade prático-experimental em questão, em especial, para problematizarmos questões sobre erros experimentais: de que o erro é intrínseco ao ato de medir. Com isso, foi possível não apenas refletimos sobre os resultados encontrados nesta atividade e os erros de medidas, mas também estender estas reflexões para a ideia de “método científico”, suas possibilidades e limitações no processo de construção do conhecimento científico. Ademais, este episódio nos revela uma potencialidade da concepção problematizado de educação, qual seja: de abordarmos um assunto que, ao menos em nosso planejamento inicial, não estava previsto, mas que veio à tona justamente por não termos um roteiro padronizado e priorizarmos os conhecimentos prévios dos estudantes e uma dinâmica dialógica (de discurso multi e univocal), ao longo de todo o desenvolvimento de nossa intervenção didática.

Na sequência da intervenção didática (Apêndice 2), 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 com espaçamentos de mesma distância. Além disso, todo o aparato experimental foi montado com base no contraste de cores entre a parede, a fita métrica, as marcações e os objetos, possibilitando que nas filmagens todos estes elementos ficassem nitidamente perceptíveis.

Realizada as filmagens de vários objetos em “queda livre”, 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, o que nos permitiu registrar os dados de maneira rápida e, a princípio, com boa precisão.

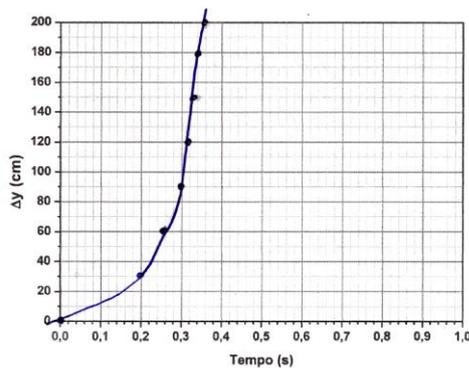
Ao longo do período de aula, conseguimos fazer as filmagens e organizar os dados experimentais: distância percorrida (altura) e o tempo de queda. Na sequência, demos início ao processo de análise dos dados relembando conceitos básicos de função do 2º grau (discurso univocal). Como o período de aula estava próximo do fim, a conclusão da atividade, a determinação da gravidade local, ficou como tarefa, a ser entregue na próxima aula. Por fim, entregamos para os grupos o material didático também a ser realizado na próxima aula (Apêndice 3).

É importante ressaltarmos que nesta aula também prevaleceu o discurso multivocal, com participação ativa dos estudantes na realização do experimento. Porém, vale registrar que retomamos o discurso univocal para avançarmos com a organização e análise dos dados coletados, pois novamente ficou perceptível a dificuldade da turma na abordagem matemática do problema em questão. Por isso, foi necessário cadenciarmos o ritmo da aula, dedicando maior ênfase ao conteúdo

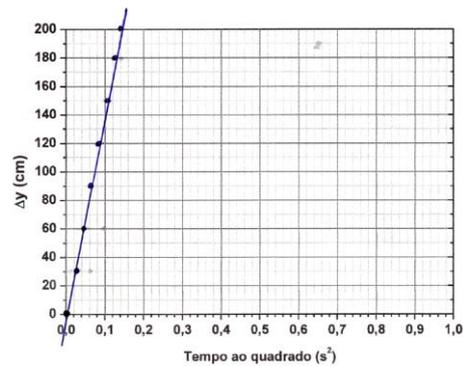
matemático do que tínhamos previsto, o que acarretou em deixarmos como tarefa para os estudantes o término desta atividade prático-experimental.

Contudo, não entendemos este episódio como uma desvantagem (no sentido de termos “atrasado” nosso planejamento). Pelo contrário, entendemos como uma potencialidade a dinâmica dialógica estabelecida em sala de aula (discurso multi e univocal), uma vez que nos proporcionou uma adequação no planejamento de aula e, conseqüentemente, melhores condições para os estudantes na compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula. Além do mais, vale lembrarmos que um de nossos objetivos nesta intervenção didática foi a superação da simples memorização de equações matemáticas e da reprodução fiel de experimentos roteirizados, o que foi possível a partir da dinâmica problematizadora que estabelecemos em sala de aula.

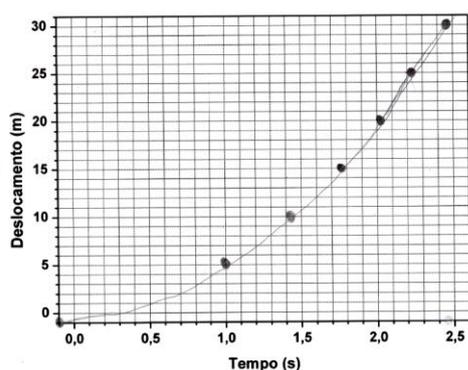
Na figura 2, exibimos os gráficos elaborados pelos estudantes (enunciados escritos) nos dois momentos de discussão sobre a queda dos corpos, ou seja, as duas últimas etapas de nossa intervenção didática: uma de efetiva realização da atividade prático-experimental para a obtenção de dados experimentais e outra para analisarmos e avaliarmos nossos resultados com os resultados teóricos ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ao nível do mar), bem como para debatermos aspectos conceituais e os possíveis erros encontrados ao determinarmos experimentalmente a aceleração da gravidade.



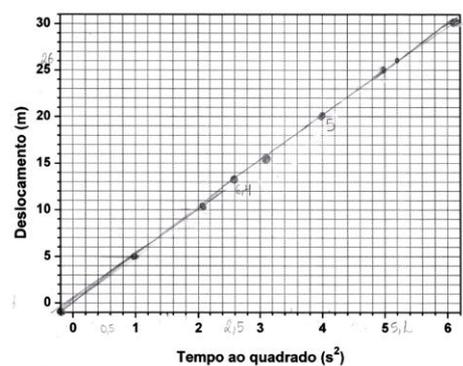
(a)



(b)



(c)



(d)

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.

No quarto e último encontro de nossa intervenção didática, 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. Por um lado, percebemos grande preocupação dos grupos por não obterem a “resposta correta” (o que em termos bakhtinianos identificamos como os conceitos de vozes, de responsividade e de direcionalidade presentes no enunciados), mas, por outro lado, os estudantes tiveram a iniciativa de questionarem a não obtenção dos resultados esperados, o que nos possibilitou estabelecer um discurso multivocal e retomar algumas reflexões já realizadas na primeira atividade (Determinação do número π).

Para discutirmos a grande diferença entre os resultados experimentais e teóricos, iniciamos com os grupos uma revisão dos cálculos matemáticos 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, discurso multivocal, 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” desconsidera a presença do ar), as marcações da fita métrica pregada verticalmente na parede da sala (podendo estas não estarem necessariamente espaçadas em distâncias iguais), o processo de filmagem, que não foi extremamente cuidadoso (com a câmera não estando fixa em um tripé, 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 (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016), 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. Ou seja, o conjunto de atividades prático-experimentais que realizamos em sala de aula buscou simultaneamente superar a memorização mecânica de equações matemáticas e a ideia simplista de se obter resultados experimentais para “comprovar” a teoria.

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, sugerindo um caráter avaliativo (algum peso na média final), bem como indicaram uma perspectiva para a realização de futuras (mesmo porque tal prática pedagógica foi ímpar no contexto escolar deles). Estas manifestações nos revelam, em maior e menor grau, o pensamento destes estudantes do ambiente escolar em um nível amplo, da importância que dão aos processos avaliativos que sempre estão sujeitos no cotidiano da sala de aula.

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 dos conteúdos disciplinares de Física abordados, 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. Vale destacar a importância da dinâmica dialógica que buscamos dar ao longo de todo o processo, o que possibilitou grande participação dos estudantes, sobretudo na proposição de novas estratégias para a realização das atividades prático-experimentais.

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 uni e multivocal 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 de uma Escola Pública Estadual.

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, que nossa proposta didática aqui relatada apresenta importantes indicativos de superação tanto do denominado modelo tradicional de aula, quanto do modelo de experimentos roteirizados para o laboratório didático.

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 e considerarmos o contexto extraverbal escolar para (re)orientarmos nossas ações pedagógicas.

Por fim, tendo em mente as potencialidades que identificamos nesta pesquisa, importa-nos enfatizar que, embora nossa intervenção didática tenha sido desenvolvida em um ambiente delimitado (um específico conteúdo da disciplina de Física abordado com base em atividades prático-experimentais em uma específica turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual), nossos resultados nos indicam caminhos promissores para a sequência de ações pedagógicas dessa natureza. Ou seja, pensarmos sim na concepção problematizadora da educação, mas com o auxílio de outros recursos pedagógicos integrados com atividades prático-experimentais centradas nos mais diversos conteúdos disciplinares da Física.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos professores Karine Pertile e Maurício Henrique de Andrade, ambos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - *campus* Bento

Gonçalves, pelas valiosas contribuições na versão final deste texto.

Referências

- AFONSO, N. (2005). *Investigação naturalista em educação*. Porto: Asa.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABID, M. L. V. S. (2003). Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194.
- BAKHTIN, M. (2011). *Estética da Criação Verbal*. 6ª Ed. São Paulo: Martins Fontes.
- BAKHTIN, M. (2014). *Marxismo e Filosofia da Linguagem*. São Paulo: HUCITEC.
- BEZERRA JR., A. G.; OLIVEIRA, L. P.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. (2012). Videoanálise com o software livre TRACKER no Laboratório Didático de Física: movimento parabólico e segunda Lei de Newton. *Caderno Brasileira de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 29, n. especial, p. 469-490.
- BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. (2005). Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileira de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 71-94.
- FREIRE, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- FREIRE, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J.; CARRON, W. Física - Mecânica. 2ª Ed. São Paulo: Ática, 2016.
- GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. (2004). Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP/Bauru. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 251-256.
- LABURÚ, C. E. (2003). Problemas abertos e seus problemas no Laboratório de Física: uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 231-256.
- MOREIRA, M. A. (2000). Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 2, n.1, p. 1-13, 2017.
- PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. (2017). Atividades prático-experimentais no Ensino de Física. *Caderno Brasileira de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 265-277.
- PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. (2018). O que dizem as pesquisas sobre atividades prático-experimentais publicadas em periódicos brasileiros de ensino de ciências entre 2001 e 2015? *Revista Thema*, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 951-961.
- PIETROCOLA, M. (2005). *Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. 2 ed. Florianópolis: Editora da UFSC.
- PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. (2009). 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*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-13.

SECCO, D.; REBEQUE, P. V.; SOUZA, J. (2017). Análise da evolução dos projetos pedagógicos de um curso de formação inicial de professores de Física. *TEAR: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, Canoas, v. 6, n. 2, p. 1-21.

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

SERÈ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. (2003). O papel da experimentação no Ensino da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 30-42.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. (2017). Proposta de laboratório de Física de baixo custo para escolas da rede pública de Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 39, n. 1, p. e1401(1-5).

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. (2003). A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. esp., p. 7-27.

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*, Londrina, v. 16, n. 5, p. 520-527, 2015.

TEMPESTA, A. M.; GOMES, L. C. (2017). Contribuições de um museu de Ciências para a formação docente. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 78-102, 2017.

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

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

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

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

APÊNDICE 1

ATIVIDADE PRÁTICO-EXPERIMENTAL: O NÚMERO π

A figura abaixo ilustra círculos de diferentes tamanhos.

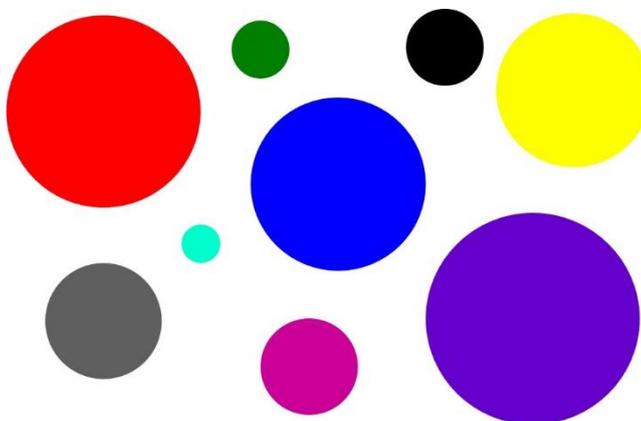


Figura 01: Ilustração de diferentes círculos.

Sendo o perímetro da circunferência a medida de uma volta completa e o diâmetro a medida de qualquer segmento de reta que passe pelo 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 e o diâmetro.

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

Para responder à 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.

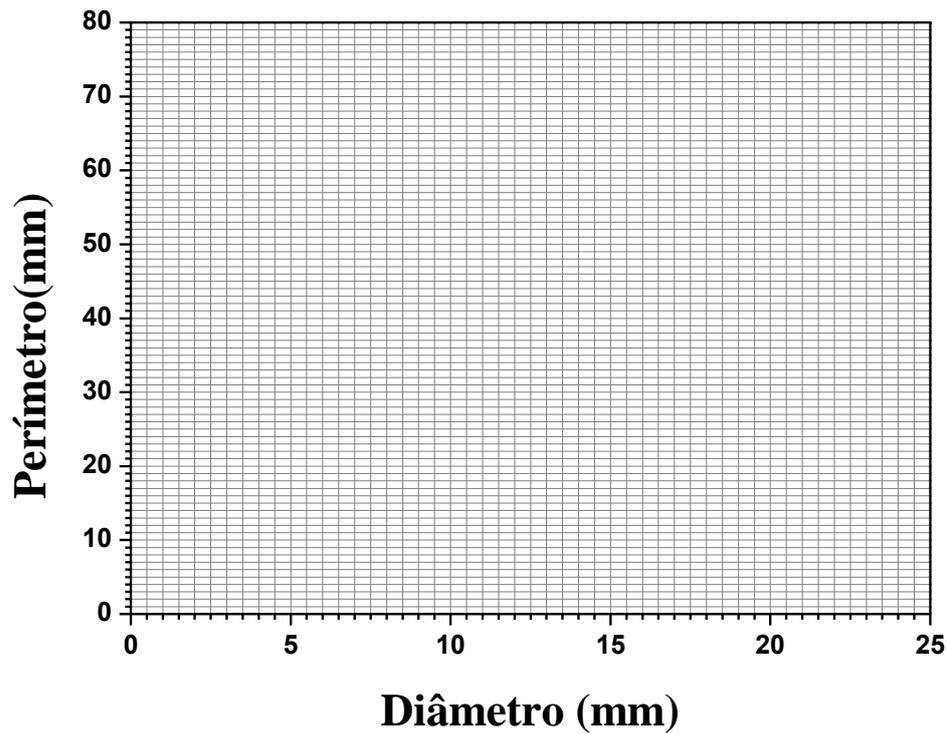


Figura 02: Gráfico perímetro x diâmetro para vários círculos.

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 2

ATIVIDADE PRÁTICO-EXPERIMENTAL: QUEDA LIVRE

Ao soltarmos um objeto de certa altura (esfera metálica, por exemplo), observamos que o mesmo realiza um movimento de queda (de “cair na direção do solo”). No caso ideal, que chamaremos de “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 caindo está sob ação apenas da força da gravidade.

Assim, precisamos realizar medidas do tempo para diferentes alturas de um objeto solto de uma determinada altura 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 o objeto. Com isso, posteriormente podemos encontrar o tempo de queda para cada deslocamento, conforme ilustrado na figura abaixo.

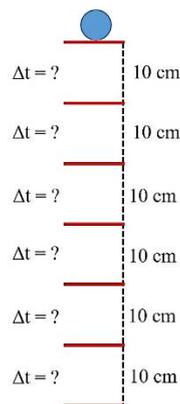


Figura 01: Ilustração de marcações em uma parede para filmagem de um objeto em “queda livre”.

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 para várias alturas de um objeto 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.

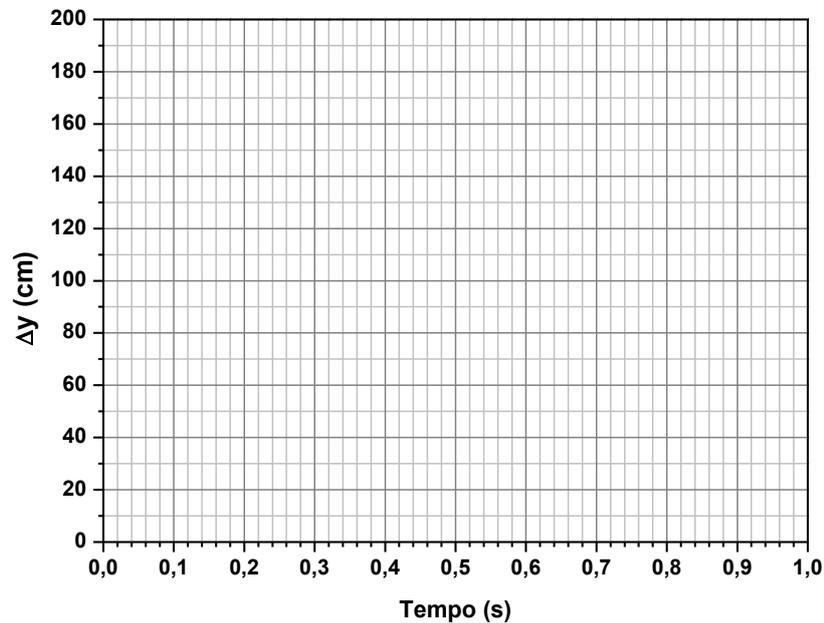


Figura 03: Gráfico deslocamento x tempo para uma esfera metálica em queda livre.

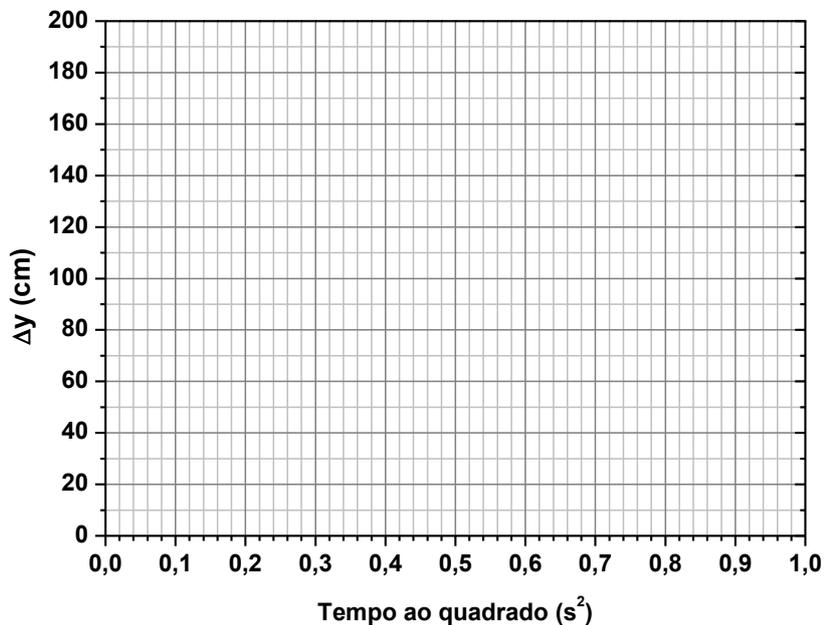


Figura 04: Gráfico deslocamento x tempo ao quadrado para uma esfera metálica em queda livre.

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 do objeto, 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 3

ANÁLISE DE UM OBJETO EM QUEDA LIVRE

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:

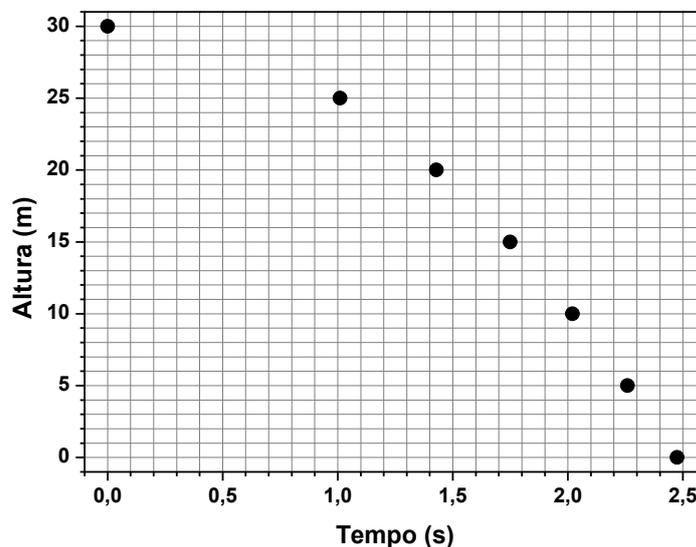


Figura 01: gráfico altura \times tempo para um objeto em queda livre partindo de uma altura de 30 m.

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:

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

onde, $v_{0,y}$ 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 e do tempo dos intervalos de tempo 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.