

Limites e possibilidades da utilização do *smartphone* e do *software Tracker* para a realização da videoanálise no estudo do fenômeno de queda de objetos na vertical

Emanuelly Torres Nunes*, Ivanderson Pereira da Silva**

Resumo

Neste artigo, socializamos os resultados obtidos em duas práticas experimentais utilizando o *smartphone* e o *software Tracker*, presente em uma sequência didática de seis etapas/aulas sobre o estudo do fenômeno da queda dos corpos, sob a ação da gravidade, no contexto do ensino médio. Para isso, desenvolvemos, realizamos e analisamos a sequência didática intitulada “Estudo da queda de objetos, na direção vertical sobre o efeito da gravidade com o *software Tracker*”. Trata-se de uma pesquisa participante na qual a docente-pesquisadora foi coautora da sequência didática. Essa sequência didática foi desenvolvida junto aos estudantes das turmas da 1ª série do ensino médio de uma escola pública do agreste alagoano. O estudo tem como principal objetivo analisar os limites e possibilidades da utilização do *smartphone* e do *software Tracker* no processo de experimentação no Ensino de Física em turmas da 1ª série do Ensino Médio. Delinearam-se os seguintes objetivos específicos: explorar as potencialidades da prática experimental convencional e por meio da videoanálise, relacionar duas práticas experimentais no estudo de um mesmo movimento, e assim, analisar a propagação de erros no processo de experimentação. Partindo desse escopo, buscou-se responder ao seguinte problema de pesquisa: quais os limites e possibilidades da experimentação com a utilização do cronômetro do *smartphone*, da experimentação por meio da videoanálise utilizando o *software Tracker*, e da associação dessas duas práticas experimentais? Com o intuito de responder ao problema de pesquisa e alcançar os objetivos traçados, se desenvolveu um estudo analítico dos dados obtidos pelos estudantes nas duas práticas experimentais, que foram recolhidos por meio de ficha de coleta de dados (Etapa 1) e por planilha eletrônica (Etapa 5). Essa pesquisa e formação se deu pela vivência, do desenvolvimento, do planejamento, da execução, da análise da sequência didática, e de vivenciar todo esse percurso. Possibilitando assim, evoluir, quanto docente, em metodologias envolvendo a experimentação no Ensino de Física, mediando os estudantes na busca do conhecimento de forma ativa, crítica e reflexiva sobre os fatores que influenciam na propagação de erros e medidas em atividades experimentais.

Palavras-chave: Experimentação, Ensino de Física, *Software Tracker*.

* Mestra em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas. Professora de Física da Rede Pública Estadual de Alagoas, Brasil. E-mail: emanuely.torres123@gmail.com

** Doutor em Educação pelo Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Alagoas. Professor do Magistério Superior, lotado no Campus Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas, Brasil. E-mail: ivanderson.silva@arapiraca.ufal.br

<https://10.5335/rbecm.v5i2.13160>

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Recebido em: 16/11/2021; Aceito em: 17/06/2022

ISSN: 2595-7376



Introdução

No processo de experimentação é importante investigar alternativas e possibilidades educacionais que sejam relevantes para a melhoria do processo educativo e que possam ser enquadradas no tempo didático disponível para as aulas de Física (BEZERRA JR.; OLIVEIRA; LENZ, 2012). Na maioria das escolas de ensino regular, da rede estadual de Alagoas temos duas aulas semanais de Física, tempo insuficiente de trabalhar todo o currículo estabelecido, além da falta de laboratório de Ciências. A utilização do *software Tracker* se encaixa no tempo didático disponível em aulas do Ensino Médio, com cerca de 50 minutos de duração. Qual o embasamento para concluir que o *software* “encaixa” no tempo de aula? Poderia explicar ou justificar com clareza?

Estudos de fenômenos físicos como queda livre, leis de conservação de energias e momento linear e angular, segunda lei de Newton e movimentos retilíneos estão relacionados com a variação da posição (x) e do tempo (t), por esse motivo é necessário que o movimento seja estudado detalhadamente com participação ativa dos estudantes, utilizando ferramentas que possibilitem medir e analisar movimentos. Ao realizar esses estudos em laboratórios de física, se requer muito tempo para preparação dos equipamentos, realização do experimento e análise. Saavedra Filho et al. (2017) destacam, que o uso de *Kits* didáticos exige conexões de diversos fios e o alinhamento de sensores o que por sua vez demanda um tempo operacional que, em geral, não é compatível com o tempo didático das aulas de Física. Isto, muitas vezes, dificulta a realização de atividades experimentais no contexto do ensino médio.

Compreendemos, conforme Bezerra Jr., Oliveira e Lenz (2012), que o uso do *Tracker* no ensino de física é promissor, pois os fatores como por exemplo, sua versatilidade e o interesse que desperta nos estudantes, contribuem para a dinâmica das aulas.

A experimentação por meio da videoanálise auxiliará no processo de ensino e aprendizagem e proporcionará um meio alternativo para implementar a experimentação no contexto da educação básica pública. Na videoanálise podem ser analisados conceitos e grandezas físicas de forma detalhada e prática.

Partindo dessa perspectiva, buscou-se responder ao seguinte problema de pesquisa: quais os limites e possibilidades da experimentação com a utilização do cronômetro do *smartphone*, da experimentação por meio da videoanálise utilizando o *software Tracker*, e da associação dessas duas práticas experimentais?

Para isso, foi desenvolvida uma sequência didática junto aos estudantes das turmas da 1ª série do ensino médio de uma escola pública do agreste alagoano, com as seguintes etapas: 1- Prática Experimental de maneira convencional utilizando o cronômetro do *smartphone* e uma ficha de registros; 2- Orientação realizada pela docente sobre as ferramentas do *software* Tracker para a realização da videoanálise; 3- Realização da primeira videoanálise por parte dos estudantes; 4- Roda de conversa entre o docente e estudantes sobre as limitações e dúvidas enfrentados na primeira videoanálise, como o propósito de esclarecer e preparar os estudantes para a segunda tentativa; 5- Realização da segunda videoanálise; 6- preenchimento de um questionário de sistematização dos conhecimentos adquiridos durante as etapas anteriores, realizando assim uma análise das possibilidades que essas duas práticas experimentais podem contribuir para o Ensino de Física.

O presente estudo teve como principal objetivo analisar os limites e possibilidades da utilização do *smartphone* e do *software* Tracker no processo de experimentação no Ensino de Física em turmas da 1ª série do Ensino Médio. De modo específico, se objetiva explorar as potencialidades da prática experimental convencional e por meio da videoanálise, relacionar duas práticas experimentais no estudo de um mesmo movimento, e assim, analisar a propagação de erros no processo de experimentação.

Para fins de realização da pesquisa foi desenvolvida uma sequência didática com seis etapas/aulas, em quatro turmas de 1ª série do Ensino Médio da rede pública Estadual de Palmeira dos Índios, Alagoas, que será apresentada de forma mais detalhada na metodologia deste trabalho.

Os dados coletados nas duas práticas experimentais foram recolhidos por meio de fichas impressas e por planilhas eletrônicas, e posteriormente foram organizadas em tabelas e analisadas pela docente, a fim de verificar como essa metodologia pode contribuir para o campo da pesquisa em ensino de Física.

O presente artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 apresenta-se a fundamentação teórica sobre a experimentação no ensino de Física; na seção 3 descreve-se como a experimentação por meio da videoanálise pode ser utilizada em conjunto com a atividade experimental realizada de modo convencional; na seção 4 descreve-se a sequência didática elaborada para ser desenvolvida em turmas da 1ª série do Ensino Médio, no estudo do movimento de queda na vertical sob o efeito da gravidade; na seção 5 são descritos os resultados quantitativos e qualitativos sobre os resultados dessa sequência didática em turmas da rede pública estadual. Por fim, na seção 6 apresenta-se nossas considerações finais.



Experimentação no Ensino de Física

A experimentação consiste em uma atividade essencial na disciplina de física, pois ao mesmo tempo que trabalha o experimento em uma perspectiva de problema, permite aos estudantes refletir, questionar, verificar e desafiar o sujeito a pensar sobre a situação (NUNES, 2020).

A experimentação é um processo que busca, através de diálogo e experimento, a compreensão de fenômenos de forma que os sujeitos envolvidos possam questionar e argumentar durante o processo de investigação, de forma crítica, ativa e conceituada, permitindo-o compreender, explicar e prever. Neste sentido, a atividade experimental está inserida no processo de experimentação, mas não podem ser consideradas como sinônimos. Ela consiste na etapa em que os estudantes passam a observar transformação ou buscar explicações para o que ocorre nos fenômenos em estudo.

Já a experimentação vai além disso, é necessário um envolvimento intenso com discussão no coletivo, com o propósito de potencializar transformações de interpretações. Tendo como objetivo promover o conhecimento por meio de processos investigativos. Compreendemos, conforme Motta (2020), que a experimentação se propõe em apostar na construção de uma sala de aula que vise dar significado às palavras expressas pelo coletivo e que surgem no diálogo em torno e com o experimento, das linguagens e do discurso das Ciências.

Nesse sentido, a experimentação tem papel fundamental no processo de ensino-aprendizado de conceitos físicos, mas nem sempre é utilizada no contexto escolar, seja pela falta de laboratórios de Ciências ou insumos, pela excessiva carga de trabalho docente, pela falta de recursos tecnológicos. Nunes (2020) define que é necessário possibilitar à docentes e estudantes ferramentas computacionais que possibilitem modos diferentes de descrever, explicar, prever e entender fenômenos físicos.

Ademais, através da experimentação se faz necessário a participação crítica dos estudantes e a resolução de problemas, a qual impulsiona a prática de levantar e testar hipóteses. “*A capacidade de aprender, quanto mais criticamente ocorre, colabora na construção e desenvolvimento de uma curiosidade metodicamente rigorosa – a curiosidade epistemológica*” (FRANCISCO JR; BENIGNO, 2018, p. 247).

Essa estratégia metodológica requer uma sequência de atividades que provoque o protagonismo dos estudantes, para que eles possam aprender com as evidências, reconhecer os erros e pensar em soluções para entender as inconsistências e incertezas encontradas.

Compreende-se que ensinar não é transferir conhecimento, mas transformar os estudantes em seres críticos e participativos, mediando atividades pedagógicas por meio das quais possam investigar, pesquisar, interrogar, perguntar e buscar informações. Assumindo-se assim como atores e não expectadores na construção do seu conhecimento. A tarefa docente não é apenas ensinar conteúdos, mas também impulsionar a refletir criticamente. Deve-se ter consciência sobre o seu papel enquanto docente, na construção do conhecimento, possibilitando a construção de sujeitos ativos em sala de aula, que se tornem seres humanos pensantes, críticos, responsáveis e mobilizadores das decisões no convívio social.

Sendo assim, tanto o estudante quanto o docente devem agir criticamente e de forma participativa. No processo de aprendizagem a responsabilidade não pode ser somente do docente, tampouco do estudante. Assim, o docente deve buscar estratégias metodológicas que tornem o estudante sujeito ativo diante da sua aprendizagem.

O docente, dessa forma, tem o papel de mediar e fornecer ambientes de aprendizagem que promovam a experimentação, porém, o sucesso desta atividade depende de quão ativa é a participação dos estudantes na aquisição do seu próprio conhecimento.

A relação entre teoria, prática, e cotidiano dos estudantes, a partir da experimentação, permite a compreensão de conceitos físicos, proporcionando a formação de cidadãos conscientes e críticos, além das possibilidades de promover a aprendizagem ativa, motivadora, despertando o interesse de desenvolver o raciocínio lógico, a comunicação e a colaboração no trabalho em grupo.

O ensino por experimentação requer dos sujeitos uma conduta ativa, que durante a atividade, permite o questionamento e diálogo com os outros sujeitos e/ou teorias. Por isso, propõe-se neste trabalho a experimentação como processo fundamental para o ensino e a aprendizagem no estudo do movimento de queda na direção vertical, permitindo que os estudantes relacionem e realizem um diálogo entre práticas experimentais utilizando o *smartphone* e o *software Tracker*, como é detalhado na próxima seção.

Atividade experimental de modo convencional em conjunto com a videoanálise

Em atividades experimentais convencionais em laboratórios de física são utilizados sensores e equipamentos para registrar dados, mas, geralmente o registro do tempo é feito através de um cronômetro, que precisa ser acionado com maior



agilidade, a fim de obter menos propagação de erros nas coletas de dados. Porém, esse tipo de aquisição de dados pode influenciar na incerteza dos dados.

A videoanálise torna-se uma alternativa para desenvolver a prática experimental no ensino de Física, visto que, não necessita de aparelhos laboratoriais de alto custo e de difícil utilização, proporcionando, em sintonia com as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), oportunidades aos estudantes de observar a natureza, coletar e analisar dados, de forma ativa e crítica no processo de construção de conhecimento e compreensão da sua realidade. Sendo assim, essa prática pode ser implementada nas escolas que não possuem laboratório físico, o que condiz com a realidade de muitas escolas (SAAVEDRA FILHO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019). Mas também pode ser utilizada, mesmo quando o espaço possuir o laboratório.

Nessa perspectiva, o estudante pode comparar os resultados obtidos, de modo convencional e por meio da videoanálise, e refletir sobre as maneiras para a realização da coleta de dados, provocando uma análise crítica da propagação de erros e medidas durante a prática experimental, permitindo que o estudante reconheça de forma crítica e participativa, que a prática experimental requer muita atenção, cuidado, e sensibilidade em todas as etapas da atividade.

É possível e desejável a utilização da videoanálise como ferramenta facilitadora do ensino da física experimental, visto que pode proporcionar a interpretação de incertezas de dados numéricos experimentais medidos e auxiliar os estudantes a superar as dificuldades para realização de cálculos e construção de gráficos. Apresentamos na citação a seguir como a videoanálise pode-se relacionar com o estudo de fenômenos físicos:

O estudante recebe um vídeo no qual eles podem observar um fenômeno como o veriam em um laboratório e, juntos, recebem ferramentas simples para fazer medições precisas que, em laboratório, seriam difíceis de realizar. Nelas, é possível realizar a análise que o levará, como qualquer cientista, à identificação de relacionamentos entre as variáveis em jogo, aprendendo com a experiência e com suas próprias reflexões. (VERA et al., 2015, p. 585)

Compreende-se que como em qualquer atividade de ensino, o uso da videoanálise deve ser feito de forma criteriosa, reflexiva e sempre sendo avaliada constantemente em sua eficiência. Além disso, a videoanálise pode facilitar a interpretação de incertezas de dados numéricos experimentais medidos e auxiliar aos estudantes a superar as dificuldades de aprendizagem em construção de gráficos e tabelas.

A videoanálise pode ser realizada por meio de uma visualização atenciosa a partir da reprodução de um vídeo ou até mesmo utilizando *software* que permita a coleta de dados, sendo esta última uma análise mais detalhada do movimento, permitindo que os dados sejam retirados e posteriormente analisados.

O *Tracker* é um *software* livre de videoanálise, que auxilia na análise de conceitos da Física no estudo de movimentos. Criado pelo projeto *open Sources Physics*, possui as ferramentas de marcação do objeto durante a trajetória, construção de gráficos e tabelas, divisão do vídeo em quadros por segundos, calibração de medidas, análise da equação do movimento a partir do gráfico e recorte do vídeo, que auxiliam no estudo de movimentos.

O *Tracker* pode ser obtido no site <https://physlets.org/tracker/> (inserir em nota de rodapé) disponível para os sistemas operacionais Windows, Mac OS X, Linux 32-bit e Linux 64-bit. É um *software* de fácil aprendizagem que pode ser manuseado pelos estudantes em experimentos didáticos de Física. Com o *software* instalado no computador é possível o seu manuseio sem necessidade de acesso à internet.

Possibilita aos docentes e estudantes metodologias de experimentação e aplicação do conhecimento, da disciplina de Física, de forma ativa e investigativa, desenvolvendo a criatividade e o pensamento crítico.

O recurso da videoanálise pode favorecer uma aproximação com o fazer científico. Nesse sentido, o *software Tracker* se apresenta como uma ferramenta que viabiliza essa aproximação a partir de um computador de baixa configuração (BEZERRA JR; OLIVEIRA; LENZ, 2012).

Saavedra Filho et al. (2017) definem que o *Tracker* adiciona qualidade e praticidade às aulas de Física, pois não são necessários aparatos experimentais caros, complexos e laboriosos. Dentre as funcionalidades do *software Tracker*, Bezerra Jr., Lenz e Saavedra Filho (2016) destacam a possibilidade de que, por meio da videoanálise, docentes e estudantes realizem medidas das grandezas fundamentais do movimento, como posição e tempo. Considerando ainda que esse é um ponto de partida fundamental para o estudo dos movimentos.

O *Tracker* permite a análise de vídeo e experimentação desenvolvida para o ensino de física. Possibilita também, o rastreamento da posição de um objeto, a construção de gráficos e dados de velocidade e aceleração de corpos em movimento, calibração de medidas, divisão do vídeo, quadro a quadro, rotação de posição do vídeo, indicação de grandezas vetoriais, trajetórias, coordenadas e estudo da equa-



ção do gráfico, que permite identificar os coeficientes da reta ou curva gerada pelo gráfico e determinar a equação do movimento ao relacionar duas grandezas físicas.

Nesse sentido, a utilização de uma ferramenta de mediação tecnológica, como o *software Tracker* pode levar a resultados mais precisos do que procedimentos manuais, além de permitir a evolução temporal nas grandezas através dos gráficos que são construídos na medida em que as posições são marcadas.

Entende-se que o uso do *Tracker* esteja em sintonia com a modernização do saber escolar, em um contexto em que as atividades experimentais teriam função mediadora no ensino dos conteúdos (BEZERRA JR; OLIVEIRA; LENZ, 2012). O *software* por si só não é suficiente para a realização da videoanálise, se faz então necessário que a instituição tenha estrutura de laboratório de informática, acesso à internet para realizar o download do *software*, pelo menos um estudante de cada grupo deve possuir um *smartphone*, além disso, apoio da equipe diretiva da escola.

O uso do *software Tracker* como ferramenta para execução da videoanálise em atividades de modelagem científica, permite quebras de rotinas no contexto escolar, proporcionando, dessa maneira, a participação ativa dos estudantes na realização de experimentos, a partir de vídeos, de fenômenos do cotidiano. Pode auxiliar ainda, na obtenção de medidas confiáveis, bem como despertar nos estudantes o uso consciente da tecnologia e a importância da sua apropriação.

Na próxima seção apresenta-se a sequência didática “Estudo da queda de objetos, na direção vertical sobre o efeito da gravidade com o *software Tracker*”, bem como as descrições metodológicas da prática de intervenção em sala de aula.

Metodologia

O planejamento de sequências didáticas propõe atividades como observação do fenômeno físico, debate entre estudantes e docentes, experimentação, contextualização, análise de dados, resolução de exercícios, discussão sobre o conteúdo e fatores que influenciam na propagação de erros e medidas.

A sequência didática (NUNES, 2020) apresentada foi pensada para turmas da 1ª série do Ensino Médio. Essa proposta de ensino está organizada ao longo de seis momentos-aulas, com duração de 50 minutos cada uma delas. A organização dessa sequência didática pode ser melhor visualizada a partir do quadro 1.

Quadro 1: Sequência didática do estudo da queda com o *software* Tracker

(continua...)

Área do conhecimento: Física		Série: 1º ano do Ensino Médio			
Tema	Movimento de objetos na vertical sobre a ação da gravidade da Terra.				
Objetivos	Compreender e utilizar leis e teorias físicas, como aceleração gravitacional, movimento uniformemente variado e queda livre.				
	Entender o funcionamento do <i>software</i> Tracker.				
	Compreender as características do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).				
	Aprender as diferentes linguagens por meio das quais a Física se expressa: tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para expressão do saber físico.				
	Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes, como comprimento, resistência do ar, velocidade e aceleração.				
	Medir o valor da aceleração da gravidade local através da videoanálise.				
ATIVIDADES					
Etapas/Aulas	1ª	Organização da sala	Turma separada em grupos de até cinco estudantes.	Tempo	50'
Docente	Orientar na execução da prática experimental e explicar a relação matemática que será utilizada para encontrar um valor aproximado do módulo da aceleração da gravidade, naquela região.				
Estudantes	Abandonar um objeto de uma altura de dois metros e registrar o instante de queda até o chão, e repetir, pelo menos 10 vezes, registrando em uma tabela.				
Recursos Materiais	Ficha de coleta de dados, objeto que será abandonado de uma altura de 2 metros e cronômetro de celular.				
Etapas/Aulas	2ª	Organização da sala	Separados em grupos na sala de informática.	Tempo	50'
Docente	1ª Parte: Orientar os estudantes no download.				
	2ª Parte: Apresentar as ferramentas do <i>software</i> Tracker, orientando como baixar o <i>software</i> , importar vídeo, rotacionar a posição do vídeo, inserir fita de calibração e eixo de coordenada.				
	3ª Parte: Expor ilustrações de videoanálises.				
	Observação: Organizar os computadores antes da aula, para otimizar o tempo.				
Estudantes	1ª Parte: Executar o download do <i>software</i> e modificar o idioma.				
	2ª Parte: Registrar considerações importantes, interagir tirando dúvidas e intervir com sugestões para a manipulação do <i>software</i> durante sua apresentação.				
	3ª Parte: Comentar situações de movimentos verticais presentes no cotidiano.				
Recursos Materiais	1ª Parte: Laboratório de Informática, Computadores, Internet e <i>software</i> Tracker.				
	2ª Parte: Projetor multimídia e caderno.				
	3ª Parte: Projetor multimídia				
Etapas/Aulas	3ª	Organização da sala	Separados em grupos na sala de informática.	Tempo	50'
Docente	Mediar os grupos de forma passiva durante as execuções das videoanálises.				
Estudantes	Realizar a videoanálise. Iniciando com uma gravação da situação até a análise dos dados apresentados no <i>Tracker</i> , bem como analisar possíveis fatores que poderiam ter influenciado nos valores encontrados.				
Recursos Materiais	Projetor multimídia, laboratório de informática, computadores, câmera digital, internet e <i>software</i> Tracker.				



Etapas/ Aulas	4ª	Organização da sala	Sentados em círculo na sala.	Tempo	50'
Docente	Instigar aos estudantes expor as experiências e resultados da primeira videoanálise, bem como perguntar se conhecem o valor aproximado da gravidade na Terra, relatar o contexto histórico de Aristóteles e Galileu, e propor comparação desse fenômeno em lugares com gravidades diferentes.				
Estudantes	Discutir com toda a turma os possíveis erros que possam ter ocorrido na primeira videoanálise, os efeitos da gravidade no cotidiano e as concepções referentes às teorias de Aristóteles e Galileu sobre a gravitação.				
Recursos Materiais	Vídeo do YouTube "Desenho animado – Galilei Galileu" (https://www.youtube.com/watch?v=L_yUPezUd8o), cenas do Filme "A gravidade" (https://www.youtube.com/watch?v=3ZdTIrcv6cQ), com registros no quadro e caderno.				
Etapas/ Aulas	5ª	Organização da sala	Organizados em grupos por computador	Tempo	50'
Docente	Proporcionar possibilidades de construção do conhecimento sem intervir na gravação. Observar e registrar as interações em diário de bordo				
Estudantes	Gravação de uma situação de um objeto em queda. Realizar a videoanálise da gravação que foi realizada na etapa anterior. E por fim, encontrar a equação da curva do gráfico velocidade versus o instante de tempo ($v \times t$), utilizando o próprio <i>software</i> .				
Recursos Materiais	Câmera digital, laboratório de informática, 15 computadores, Internet, e <i>software</i> Tracker.				
Etapas/ Aulas	6ª	Organização da sala	Sentados em grupos na sala.	Tempo	50'
Docente	Ser mediadora e conduzir a discussão.				
Estudantes	Copiar os dados da tabela gerado pelo <i>software</i> Tracker para o programa de planilha eletrônica para realizar a média aritmética do valor da aceleração na direção vertical, que resultará no valor do módulo da aceleração gravitacional no local, semelhante ao que foi realizado na primeira etapa. Em seguida o grupo responderá um questionário sobre as práticas experimentais desenvolvidas.				
Recursos Materiais	Resultados dos valores de instante de tempo, posição, velocidade e aceleração na direção vertical obtidas através da videoanálise e copiadas para o programa de planilha eletrônica.				

Fonte: Autores (2021).

A avaliação da aprendizagem dessa sequência didática se deu em todas as etapas, buscando assim analisar de forma qualitativa a participação dos estudantes na execução da videoanálise; na discussão em grupo referente as duas práticas experimentais; na análise dos dados de instante de tempo, posição, velocidade e aceleração na direção vertical, de forma científica, e no reconhecimento dos fatores que influenciam nos erros e incertezas dos valores encontrados.

Verifica-se que essa proposta visa trabalhar, inicialmente, com uma atividade experimental convencional utilizando os cronômetros dos *smartphones* dos estudantes e consiste em várias repetições da situação analisada. Em seguida, o trabalho se concretizou através de tutoriais sobre a utilização do *software* Tracker. Dando suporte para que os estudantes realizassem a experimentação por meio da videoanálise utilizando o *software*. Esse tutorial (Nunes e Silva, 2020) foi utilizado pelos

estudantes no momento da realização da videoanálise no laboratório de informática, como pode ser visualizado na figura 1.

Figura 1: Realização da Videoanálise no Laboratório de Informática



Fonte: Arquivo da pesquisa (2019).

A sequência didática apresentada buscou o engajamento dos estudantes nas realizações das atividades, com desempenho e comprometimento. Utilizou-se, como ferramentas, recursos digitais como o *software* Tracker, vídeos do YouTube, filmes e planilha eletrônica, que são grandes aliados no processo de ensino e aprendizagem.

Resultados

A prática de experimentação nas aulas de física é de fundamental importância, pois ajuda a esclarecer dúvidas do objeto de estudo, permite a aquisição de dados de situações problemas presentes no cotidiano e estudados na disciplina, bem como torna o processo de ensino-aprendizagem significativo.

Os dados coletados pelos estudantes na primeira atividade experimental, que foi realizada de modo convencional utilizando o cronômetro do *smartphone*, estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Dados obtidos na atividade experimental de modo convencional

(continua...)

	Tentativas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Valor Médio g (m/s^2)	Desvio Padrão absoluto Δg	Intervalo de cobertura $g \pm \Delta g$	
Grupo 1	Tempo (s)	0,27	0,35	0,32	0,50	0,20	0,29	0,33	0,21	0,56	0,19				
	Gravidade (m/s^2)	54,87	32,65	39,06	16,00	100,00	47,56	36,73	90,70	12,76	110,80	54,11	27,98	26,13	82,10
Grupo 2	Tempo (s)	0,61	0,64	0,53	0,63	0,37	0,57	0,44	0,39	0,78	0,57				
	Gravidade (m/s^2)	10,75	9,77	14,24	10,08	29,22	12,31	20,66	26,30	6,57	12,31	15,22	6,10	9,12	21,32
Grupo 3	Tempo (s)	0,68	0,35	0,40	0,60	0,62	0,41	0,47	0,54	0,47	0,41				
	Gravidade (m/s^2)	8,65	32,65	25,00	11,11	10,41	23,80	18,11	13,72	18,11	23,80	18,53	6,22	12,31	24,76
Grupo 4	Tempo (s)	0,57	1,19	0,44	0,59	0,68	0,40	0,66	0,77	0,44	0,74				
	Gravidade (m/s^2)	12,31	2,82	20,66	11,49	8,65	25,00	9,18	6,75	20,66	7,30	12,48	5,77	6,71	18,26
Grupo 5	Tempo (s)	0,60	0,62	0,53	0,67	0,63	0,57	0,44	0,39	0,79	0,64				
	Gravidade (m/s^2)	11,11	10,41	14,24	8,91	10,08	12,31	20,66	26,30	6,41	9,77	13,02	4,43	8,59	17,45
Grupo 6	Tempo (s)	0,63	0,67	0,81	0,84	0,66	0,87	0,60	0,85	0,85	0,85				
	Gravidade (m/s^2)	10,08	8,91	6,10	5,67	9,18	5,28	11,11	5,54	5,54	5,54	7,29	2,02	5,27	9,32
Grupo 7	Tempo (s)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,26	0,59	0,46	0,40	0,39	0,53				
	Gravidade (m/s^2)	25,00	25,00	25,00	25,00	59,17	11,49	18,90	25,00	26,30	14,24	25,51	6,89	18,62	32,40
Grupo 8	Tempo (s)	0,66	0,59	0,86	0,73	0,92	0,59	0,72	0,59	0,52	0,59				
	Gravidade (m/s^2)	9,18	11,49	5,41	7,51	4,73	11,49	7,72	11,49	14,79	11,49	9,53	2,62	6,91	12,15
Grupo 9	Tempo (s)	0,60	0,68	0,62	0,63	0,65	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64				
	Gravidade (m/s^2)	11,11	8,65	10,41	10,08	9,47	8,65	9,18	10,08	9,18	9,77	9,66	0,63	9,03	10,29
Grupo 10	Tempo (s)	0,82	0,70	0,70	0,70	0,69	0,84	0,87	0,74	0,66	0,69				
	Gravidade (m/s^2)	5,95	8,16	8,16	8,16	8,40	5,67	5,28	7,30	9,18	8,40	7,47	1,13	6,34	8,60



(conclusão)

Grupo 11	Tempo (s)	0,73	0,73	0,66	0,73	0,73	0,60	0,67	0,79	0,80	0,71				
	Gravidade (m/s ²)	7,51	7,51	9,18	7,51	7,51	11,11	8,91	6,41	6,25	7,93	7,98	1,05	6,93	9,03
Grupo 12	Tempo (s)	0,91	0,64	0,90	0,67	0,66	0,68	0,68	0,43	0,74	0,65				
	Gravidade (m/s ²)	4,83	9,77	4,94	8,91	9,18	8,65	8,65	21,63	7,30	9,47	9,33	2,57	6,76	11,91
Grupo 13	Tempo (s)	0,42	0,46	0,79	0,51	0,48	0,37	0,45	0,43	0,59	0,39				
	Gravidade (m/s ²)	22,68	18,90	6,41	15,38	17,36	29,22	19,75	21,63	11,49	26,30	18,91	5,00	13,91	23,92
Grupo 14	Tempo (s)	0,66	0,60	0,53	0,53	0,52	0,53	0,65	0,46	0,40	0,53				
	Gravidade (m/s ²)	9,18	11,11	14,24	14,24	14,79	14,24	9,47	18,90	25,00	14,24	14,54	3,01	11,53	17,56
Grupo 15	Tempo (s)	0,40	0,41	0,42	0,38	0,40	0,40	0,38	0,38	0,39	0,39				
	Gravidade (m/s ²)	25,00	23,80	22,68	27,70	25,00	25,00	27,70	27,70	26,30	26,30	25,72	1,42	24,29	27,14
Grupo 16	Tempo (s)	0,58	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,60	0,62	0,63	0,62				
	Gravidade (m/s ²)	11,89	10,75	11,11	11,49	11,49	11,89	11,11	10,41	10,08	10,41	11,06	0,52	10,54	11,58
Grupo 17	Tempo (s)	0,55	0,54	0,53	0,54	0,56	0,55	0,56	0,55	0,54	0,53				
	Gravidade (m/s ²)	13,22	13,72	14,24	13,72	12,76	13,22	12,76	13,22	13,72	14,24	13,48	0,45	13,04	13,93
Grupo 18	Tempo (s)	0,72	0,72	0,64	0,72	0,65	0,72	0,52	0,65	0,65	0,65				
	Gravidade (m/s ²)	7,72	7,72	9,77	7,72	9,47	7,72	14,79	9,47	9,47	9,47	9,33	1,29	8,04	10,62
Grupo 19	Tempo (s)	1,00	0,60	0,43	0,95	0,61	0,52	0,56	0,65	0,65	0,65				
	Gravidade (m/s ²)	4,00	11,11	21,63	4,43	10,75	14,79	12,76	9,47	9,47	9,47	10,79	3,43	7,36	14,22
Grupo 20	Tempo (s)	0,90	0,72	0,69	0,86	0,99	0,88	0,73	0,70	0,57	0,60				
	Gravidade (m/s ²)	4,94	7,72	8,40	5,41	4,08	5,17	7,51	8,16	12,31	11,11	7,48	2,07	5,41	9,55
Grupo 21	Tempo (s)	0,60	0,46	0,23	0,86	0,86	0,86	0,93	0,59	0,60	0,79				
	Gravidade (m/s ²)	11,11	18,90	75,61	5,41	5,41	5,41	4,62	11,49	11,11	6,41	15,55	12,68	2,87	28,23

Fonte: Autores (2021).



Cada grupo registrou dez instantes de tempo da queda do mesmo objeto de uma altura de 2 metros, demarcado na parede com o auxílio de uma fita métrica. Estes dados foram registrados em uma ficha e, logo em seguida, utilizados para determinar o módulo da gravidade de cada intervalo de tempo. Posteriormente foi determinado o valor médio do módulo da aceleração gravitacional local, por meio das equações do movimento uniformemente variado.

A tabela 1 foi construída a partir das fichas que foram recolhidas e analisadas. A condução da aplicação da sequência didática foi realizada por uma das autoras deste trabalho. A redação e as análises desse estudo foram realizadas pelos autores colaborativamente.

A partir dos dados apresentados na tabela 1, é possível verificar o desvio padrão médio de cada grupo e os seus intervalos de cobertura para o valor médio da gravidade local. Verificou-se assim que somente três grupos (9, 16 e 17) conseguiram realizaram a obtenção dos dados experimentais com desvio padrão médio menor que 1. Essa discrepância nos resultados, permitiu que os estudantes pudessem refletir a partir das variações dos valores obtidos para o instante de tempo como os instrumentos e técnicas de coleta de dados podem influenciar no processo de experimentação, tais como a sintonia de quem está pressionando o cronometro com a que está soltando o objeto, a precisão do cronometro do *smartphone*, bem como as forças de resistência do ambiente.

Considerando o intervalo de cobertura do valor experimental a partir do desvio padrão médio, somente nove grupos conseguiram obter o valor teórico de $9,81\text{m/s}^2$ para a aceleração gravitacional na Terra ao nível do mar.

Essa primeira etapa teve como limitação a sensibilidade dos estudantes em registrar os instantes de tempo por meio do cronometro do *smartphone*, e precisou ter pelo menos um aparelho para cada grupo, por se tratar de uma escola que atende a um público de classe social de baixa e média renda, nem todos os estudantes possuía *smartphone*. Quanto às possibilidades, esta prática permitiu que os estudantes observassem como as técnicas de coletas de dados de forma manual influenciam na propagação de erros, bem como uma aproximação maior com fenômeno físico observado.

Antes de realizar a segunda prática experimental, foram dadas explicações sobre as ferramentas oferecidas pelo software *Tracker* na experimentação por meio da videoanálise. Foram apresentadas pela docente as técnicas e cuidados desta prática experimental, tais como o posicionamento da câmera durante a gravação, a escolha do objeto de queda de acordo com a sua simetria para evitar a resistência do ar, e apresentação do tutorial de utilização do software *Tracker* (NUNES; SILVA, 2020).

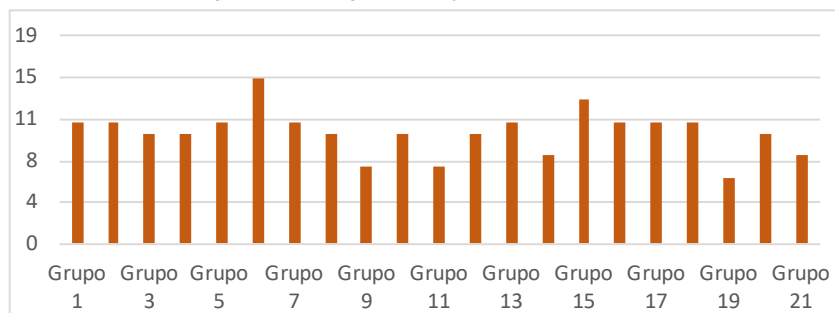
Depois de receber essas orientações os estudantes realizaram a primeira videoanálise sem a intervenção da docente, permitindo assim que eles pudessem conhecer e identificar de forma ativa as ferramentas oferecidas pelo *software* Tracker, bem como as principais dificuldades, que foram discutidas na etapa posterior.

Já na quinta etapa os estudantes realizaram a segunda videoanálise e obtiveram os dados registrados na tabela 2. Diferente da primeira prática experimental realizada de modo convencional utilizando como instrumento de coleta de dados o cronômetro do celular e análise de dados por meio de cálculos manuais, o *software* permitiu o registro além do valor do instante de tempo e da aceleração gravitacional, a posição e a velocidade na direção vertical. Possibilitando assim que os estudantes analisassem se a marcação do objeto foi realizada de forma coerente, ou seja, de maneira progressiva registrando as posições de forma decrescente, bem como a observação do aumento modular da velocidade.

Essa prática experimental teve como limitação a sensibilidade dos estudantes no manuseio dos computadores, pois apesar de estarem imersos em uma cultura digital, eles não possuíam habilidades no manuseio de mouses e de *software* computacionais de edição de vídeos, mostrando-se mais habilidosos na utilização e manuseio de ferramentas presentes no *smartphone*.

O *software* Tracker oferece até nove casas decimais para cada grandeza selecionada para aparecer na tabela e nos gráficos. Quanto aos números de quadros por segundo, depende na resolução do vídeo, que pode variar de acordo com o *smartphone*. Isso (isso o que? Explicar melhor) também influencia ou influenciou? no número de marcações da posição do objeto, por isso o número de marcação de cada grupo variou, como podemos visualizar no gráfico 1.

Gráfico 1: Número de marcações da posição do objeto durante a videoanálise



Fonte: Autores (2021).

De acordo com o gráfico acima, a quantidade média de marcação do objeto durante a videoanálise foi dez, semelhante aos registros do instante de tempo da primeira atividade experimental.

Tabela 2: Dados obtidos na atividade experimental de modo convencional

(continua...)

Quadros		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	Valor Médio	Desvio padrão absoluto	Intervalo de cobertura	
Grupo 1	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40							
	Posição	y (m)	1,37	1,32	1,26	1,18	1,11	1,02	0,92	0,82	0,70	0,58	0,45							
	Velocidade	v (m/s)	-1,48	-1,68	-2,01	-2,26	-2,50	-2,75	-3,05	-3,45	-3,55	-3,70	-4,01					$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	6,17	8,46	8,18	7,37	7,07	9,00	9,66	6,91	5,48	5,89	6,92					7,37	1,06	6,32, 8,43
Grupo 2	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40							
	Posição	y (m)	1,42	1,37	1,31	1,24	1,15	1,06	0,96	0,85	0,73	0,60	0,47							
	Velocidade	v (m/s)	-1,51	-1,74	-2,03	-2,31	-2,67	-2,92	-3,19	-3,49	-3,65	-3,83	-3,96					$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	9,44	7,42	8,77	9,57	8,90	8,36	7,96	7,01	5,39	4,32	5,93					7,55	1,40	6,15, 8,95
Grupo 3	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,43								
	Posição	y (m)	1,36	1,31	1,26	1,18	1,12	1,04	0,95	0,86	0,77	0,45								
	Velocidade	v (m/s)	-1,32	-1,61	-1,92	-2,04	-2,21	-2,52	-2,66	-2,80	-2,99	-3,24						$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	9,74	9,54	5,26	5,95	5,86	7,50	3,89	5,45	4,96	5,25						6,34	1,55	4,79, 7,89
Grupo 4	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,37	0,41								
	Posição	y (m)	1,15	1,11	1,06	1,00	0,92	0,84	0,77	0,68	0,48	0,39								
	Velocidade	v (m/s)	-1,01	-1,40	-1,68	-1,93	-2,31	-2,36	-2,44	-2,69	-2,90	-3,14						$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	8,12	9,22	8,81	8,70	5,90	3,10	4,01	6,71	5,31	5,91						6,58	1,73	4,85, 8,31



(continua...)

Grupo 5	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41							
	Posição	y (m)	1,34	1,27	1,21	1,14	1,05	0,97	0,87	0,77	0,66	0,55	0,43							
	Velocidade	v (m/s)	-1,69	-1,83	-2,02	-2,36	-2,51	-2,71	-2,89	-3,11	-3,26	-3,46	-3,79					$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	8,05	6,39	6,80	7,42	5,26	5,57	6,39	4,64	6,08	7,42	7,01					6,46	0,80	5,65 7,26
Grupo 6	Tempo	t (s)	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,22	0,23	0,25	0,27	0,30	0,49	0,50	0,52	0,54			
	Posição	y (m)	2,06	2,05	2,03	2,00	1,98	1,92	1,77	1,74	1,68	1,64	1,53	0,75	0,67	0,58	0,49			
	Velocidade	v (m/s)	-0,71	-1,03	-1,25	-1,31	-1,62	-1,64	-2,44	-2,67	-2,82	-2,89	-3,05	-4,90	-5,31	-5,33	-5,41	$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	6,55	15,81	8,37	12,93	9,32	7,46	10,20	6,46	11,17	10,28	14,93	9,26	9,30	7,44	8,40	9,86	2,16	7,70 12,02
Grupo 7	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40							
	Posição	y (m)	1,94	1,86	1,77	1,66	1,54	1,41	1,27	1,14	0,99	0,83	0,67							
	Velocidade	v (m/s)	-2,31	-2,58	-3,04	-3,32	-3,65	-4,07	-4,09	-4,29	-4,70	-4,84	-5,02					$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	8,61	10,86	10,36	10,48	10,11	6,74	4,37	8,11	8,36	5,37	5,37					8,07	1,90	6,17 9,96
Grupo 8	Tempo	t (s)	0,27	0,30	0,33	0,40	0,53	0,57	0,60	0,63	0,73	0,77								
	Posição	y (m)	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,07	0,08	0,06	0,02	0,01								
	Velocidade	v (m/s)	0,24	-0,24	-0,16	-0,24	-0,08	-0,08	-0,16	-0,48	-0,35	-0,60						$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	7,53	2,05	1,37	7,53	0,68	3,42	4,11	4,29	4,42	4,31						3,97	1,67	2,30 5,64
Grupo 9	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27											
	Posição	y (m)	0,96	0,89	0,81	0,71	0,60	0,49	0,37											
	Velocidade	v (m/s)	-1,93	-2,39	-2,68	-3,03	-3,35	-3,52	-3,70									$\bar{g}$	Δg	$\bar{g} \pm \Delta g$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	11,86	11,40	9,84	9,68	8,04	5,15	7,34									9,05	1,89	7,16 10,93



(continua...)

Grupo 10	Tempo	t (s)	0,10	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39								
	Posição	y (m)	1,43	1,36	1,28	1,21	1,12	1,03	0,92	0,81	0,69	0,55								
	Velocidade	v (m/s)	-1,82	-2,23	-2,26	-2,46	-2,76	-3,04	-3,38	-3,55	-3,99	-4,49						$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	12,98	6,32	5,08	5,87	10,27	8,24	8,47	9,48	13,77	9,60						9,01	2,21	6,80 11,22
Grupo 11	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27											
	Posição	y (m)	0,85	0,78	0,68	0,60	0,51	0,38	0,28											
	Velocidade	v (m/s)	-1,81	-2,49	-2,70	-2,62	-3,32	-3,47	-3,53									$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	18,00	10,49	5,18	8,38	10,73	6,04	7,03									6,59	3,38	3,21 9,96
Grupo 12	Tempo	t (s)	0,05	0,08	0,12	0,15	0,22	0,27	0,30	0,50	0,52	0,54								
	Posição	y (m)	2,06	2,03	1,98	1,92	1,77	1,64	1,53	0,67	0,58	0,49								
	Velocidade	v (m/s)	-0,71	-1,25	-1,62	-1,64	-2,44	-2,89	-3,05	-5,31	-5,33	-5,41						$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	6,55	8,37	9,32	7,46	10,20	10,28	14,93	9,30	7,44	8,40						9,23	1,58	7,64 10,81
Grupo 13	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40							
	Posição	y (m)	1,49	1,44	1,37	1,29	1,21	1,11	1,00	0,88	0,75	0,63	0,50							
	Velocidade	v (m/s)	-1,34	-1,77	-2,15	-2,31	-2,74	-3,23	-3,43	-3,65	-3,74	-3,80	-4,15					$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	11,62	10,88	8,77	9,64	13,16	9,99	6,43	3,90	3,71	5,19	10,96					9,43	2,62	6,80 12,05
Grupo 14	Tempo	t (s)	0,07	0,14	0,18	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36										
	Posição	y (m)	1,37	1,22	1,13	1,02	0,92	0,79	0,66	0,52										
	Velocidade	v (m/s)	-2,38	-2,34	-2,76	-2,89	-3,19	-3,57	-3,85	-4,11								$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	6,94	8,81	7,98	6,53	8,71	9,64	7,36	7,77								7,97	0,82	7,15 8,79



(continua...)

Grupo 15	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47						
	Posição	y (m)	1,53	1,49	1,44	1,38	1,31	1,24	1,16	1,06	0,95	0,82	0,69	0,56	0,40						
	Velocidade	v (m/s)	-1,02	-1,27	-1,52	-1,93	-2,13	-2,34	-2,76	-3,08	-3,53	-3,82	-3,89	-4,31	-4,78			$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$	
	Módulo da Gravidade	g (m/s²)	9,24	8,24	9,54	8,67	6,94	8,36	11,05	12,54	10,40	5,96	7,80	12,03	10,12			9,30	1,52	7,78	10,82
Grupo 16	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40								
	Posição	y (m)	1,25	1,19	1,12	1,05	0,96	0,87	0,76	0,67	0,55	0,43	0,32								
	Velocidade	v (m/s)	-1,58	-1,89	-2,09	-2,44	-2,71	-2,89	-3,03	-3,17	-3,47	-3,56	-3,76					$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$	
	Módulo da Gravidade	g (m/s²)	7,91	7,91	8,57	8,31	8,17	3,43	5,19	6,33	5,27	4,22	4,09					6,31	1,70	4,61	8,01
Grupo 17	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40								
	Posição	y (m)	1,59	1,56	1,50	1,43	1,36	1,28	1,18	1,06	0,97	0,85	0,71								
	Velocidade	v (m/s)	-1,18	-1,38	-1,87	-2,15	-2,24	-2,67	-3,33	-3,22	-3,13	-3,83	-4,02					$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$	
	Módulo da Gravidade	g (m/s²)	8,50	10,35	10,35	6,54	8,23	15,66	6,54	0,80	6,90	12,29	6,11					8,39	2,77	5,62	11,16
Grupo 18	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,33	0,37	0,40	0,43								
	Posição	y (m)	1,88	1,80	1,72	1,63	1,52	1,43	1,29	1,02	0,89	0,74	0,57								
	Velocidade	v (m/s)	-1,98	-2,40	-2,63	-2,98	-2,98	-3,49	-4,14	-3,98	-4,07	-4,82	-5,35					$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$	
	Módulo da Gravidade	g (m/s²)	12,75	9,81	9,15	3,60	11,12	13,24	10,95	1,47	12,09	17,33	10,16					10,15	3,01	7,14	13,17
Grupo 19	Tempo	t (s)	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,23													
	Posição	y (m)	0,98	0,90	0,81	0,73	0,61	0,50													
	Velocidade	v (m/s)	-2,12	-2,61	-2,61	-3,09	-3,62	-3,30										$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$	
	Módulo da Gravidade	g (m/s²)	18,61	9,31	7,75	13,18	3,88	9,31										10,34	3,70	6,63	14,04



(continua...)

Grupo 20	Tempo	t (s)	0,07	0,10	0,13	0,17	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,43								
	Posição	y (m)	2,01	1,95	1,86	1,77	1,55	1,44	1,30	1,15	1,02	0,67								
	Velocidade	v (m/s)	-1,83	-2,20	-2,73	-3,06	-3,35	-3,79	-4,28	-4,22	-4,52	-6,08						$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	11,64	12,70	12,51	7,41	9,38	13,75	5,29	6,25	13,75	1,04						9,37	3,50	5,87 12,87
Grupo 21	Tempo	t (s)	0,07	0,13	0,17	0,20	0,23	0,30	0,33	0,37										
	Posição	y (m)	1,88	1,73	1,66	1,55	1,43	1,19	1,07	0,92										
	Velocidade	v (m/s)	-2,18	-2,22	-2,68	-3,33	-3,47	-3,75	-4,16	-4,79								$\bar{g}$	$\Delta \bar{g}$	$\bar{g} \pm \Delta \bar{g}$
	Módulo da Gravidade	g (m/s ²)	10,21	6,01	15,39	12,02	4,81	10,81	13,22	3,55								9,50	3,53	5,97 13,04

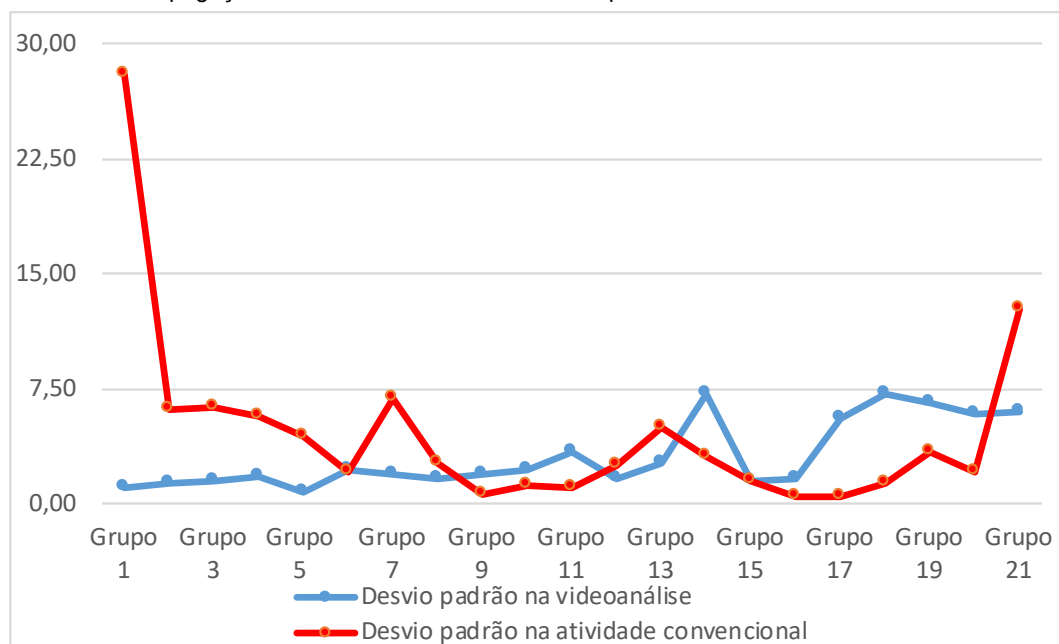
Fonte: Autores (2021).



A utilização dessas duas práticas experimentais teve como limitação a carga horária reduzida para a disciplina de Física. Entretanto possibilitou que os estudantes comparassem as duas formas de coleta e análise dos dados experimentais, e refletissem de forma ativa os fatores que influenciam na propagação de erros.

No gráfico 2 apresentamos a variação do desvio padrão médio das tabelas 1 e 2, referente as duas práticas experimentais presentes no processo de experimentação deste trabalho.

Gráfico 2: Propagação de erros nas duas atividades experimentais



Fonte: Autores (2021).

Onde podemos observar, que mesmo realizando o estudo do mesmo fenômeno, mas com instrumentos de coleta e análise de dados distintos, a propagação de erros foi diferente. Permitindo assim que os estudantes analisem de forma ativa e comparativa os fatores que influencia nessa variação de resultados.

Ainda no gráfico 2, é possível observar que o *software* Tracker oferece uma precisão maior nos dados, entretanto isso não menospreza a atividade realização de forma manual, e sim que *software* oferece para os valores coletados até nove casas decimais, já o cronômetro do *smartphone* somente duas.

Na próxima seção apresentamos as considerações finais dessa pesquisa e formação no processo de experimentação no Ensino de Física.

Considerações finais

O processo de experimentação possibilita que os estudantes compreendam os conceitos físicos, relacionando à prática experimental, com a teoria. Esses sujeitos podem participar de forma ativa no processo de ensino-aprendizagem, coletando, analisando e verificando conceitos sobre a queda de objetos na direção vertical sobre o efeito da gravidade. É possível, por meio de atividades como essa proposta de estudo comparativo entre abodagens experimentais, estimular os estudantes na utilização consciente, inclusivo e crítico dos recursos tecnológicos.

Evidenciou-se a partir do desenvolvimento da proposta didática que as potencialidades de um recurso educacional não dependem apenas de suas características inerentes, mas especialmente, das estratégias didáticas empregadas no seu uso, fundamentadas com concepções teóricas sobre o papel docente no processo de aprendizagem, promovendo assim, ambientes e oportunidades que os estudantes possam ter um papel ativo na construção do seu próprio conhecimento de forma crítica e participativa.

A realização da experimentação de modo convencional possibilitou que os estudantes realizem a coleta e tratamento de forma manual, verificando assim a relação entre as relações matemáticas, as grandezas físicas envolvidas no movimento e os dados coletados. Já a videoanálise possibilitou uma melhor precisão dos dados, o registro do intervalo de tempo, velocidade e aceleração gravitacional em diversos pontos da trajetória. A utilização dessas duas práticas no estudo do mesmo movimento, possibilitou a reflexão dos fatores que influenciaram nos dados coletados com os dados teóricos.

No desenvolvimento das práticas experimentais identificamos algumas limitações, tais como: pelo menos um estudante deveria ter um *smartphone* para utilizar o cronômetro na primeira atividade, bem como para realizar a gravação utilizada na videoanálise; além disso, foi necessário checar todos os computadores do laboratório de informática e deixar os que estavam com defeito separados, para se tornar mais acessível no momento da escolha pelo computador que seria utilizado durante a realização da videoanálise. Além disso, alguns estudantes sentiram dificuldades

na utilização do mouse do computador para realizar o recorte do vídeo, marcação do objeto, em inserir o eixo e fita de calibração.

Foi possível observar, quanto docente, que a junção dessas duas práticas experimentais permitiu uma análise mais aprofundada nos fatores que influenciam na queda de objetos na vertical, onde os estudantes comparam esse movimento com os já estudados, com ou sem velocidade. Possibilitando a reflexão da ação provocada pela aceleração.

Ademais, o uso de prática experimental convencional em conjunto com a videoanálise teve grandiosa relevância, pois possibilitou, além da análise dos dados, avaliar, comparar dados, refletir sobre possíveis erros e precisões experimentais. Por isso, a presente pesquisa e formação pode contribuir para o campo da pesquisa em ensino de Física.

Limits and possibilities of using the smartphone and the Tracker software to carry out video analysis in the study of the phenomenon of falling objects vertically

Abstract

In this article, we share the results obtained in two experimental practices using the smartphone and the Tracker software, present in a didactic sequence of six steps/classes on the study of the phenomenon of falling bodies, under the action of gravity, in the context of high school. For this, we developed, carried out and analyzed the didactic sequence entitled "Study of falling objects, in the vertical direction on the effect of gravity with the Tracker software". This is a participatory research in which the professor-researcher was co-author of the didactic sequence. This didactic sequence was developed with students from the 1st grade of high school at a public school in the rural region of Alagoas. The main objective of the study is to analyze the limits and possibilities of using the smartphone and the Tracker software in the experimentation process in Physics Teaching in 1st grade high school classes. The following specific objectives were outlined: explore the potential of conventional experimental practice and through video analysis, relate two experimental practices in the study of the same movement, and thus analyze the propagation of errors in the experimentation process. Based on this scope, we sought to answer the following research problem: what are the limits and possibilities of experimenting with the use of the smartphone timer, experimentation through video analysis using the Tracker software, and the association of these two experimental practices? In order to answer the research problem and reach the outlined objectives, an analytical study of the data obtained by the students in the two experimental practices was developed, which were collected through a data collection form (Step 1) and an electronic spreadsheet (Step 5). This research and training took place through the experience, development, planning, execution, analysis of the didactic sequence, and experiencing this entire journey. Thus, making it possible to evolve, as a teacher, in methodologies



involving experimentation in Physics Teaching, mediating students in the search for knowledge in an active, critical and reflective way about the factors that influence the propagation of errors and measurements in experimental activities.

Keywords: Experimentation, Physics Teaching, Software Tracker.

Referências

- BEZERRA JR, Arandi Ginane et al. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 469-490, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p469>.
- SAAVENDRA FILHO, N. C. et al. A videoanálise como mediadora da modelagem científica no Ensino de Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, 2017.
- NUNES, E. T. **As potencialidades da experimentação através da videoanálise para o ensino de física no Ensino Médio por meio do software Tracker**, 2020. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 2020.
- MOTTA, C. S. **A experimentação nos projetos pedagógicos de curso das Licenciaturas em Química na EaD – SISUAB**, 2015. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2015.
- FRANCISCO JR., W. E.; BENIGNO, A. P. Produção de vídeos amadores de experimentos: algumas contribuições para se pensar o processo educativo. **Revista Exitus**, v. 8, n. 2, p. 244-272, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2018v8n2ID536>.
- OLIVEIRA, F. A., et al. Videoanálise e Ensino de Física em Situação de Vulnerabilidade Social. **Abakos**, v. 7, n. 2, p. 03-21, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2316-9451.2019v7n2p3-21>
- VERA, F., et al. Estudio del movimiento de caída libre usando vídeos de experimentos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 581-592, 2015.
- LEITÃO, L. I.; TEIXEIRA, P. F. D.; ROCHA, F. S. A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 6, n. 1, p. 18-33, 2011.
- SAAVEDRA FILHO, N. C.; LENZ, J. A.; BEZERRA JR, A. G. Utilização da Videoanálise para o estudo do movimento circular e a construção do conceito de aceleração centrípeta. **Acta Scientiae**, v. 18, n. 3, 2016.
- NUNES, E. T., SILVA, I. P. **Sequência didática: estudo de queda com o auxílio do software Tracker**. Produto Educacional, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020. Disponível em <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/573747>.