

Lenon Couto Ferreira

Guia de utilização e propostas experimentais para o aplicativo educacional MobTracker.



UNIFAL
2023



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIA EXATAS/DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 28

Lenon Couto Ferreira

PRODUTO EDUCACIONAL

Guia de utilização e propostas experimentais para o aplicativo educacional
MobTracker.

Alfenas/MG

2023

Lenon Couto Ferreira

**Guia de utilização e propostas experimentais para o aplicativo educacional
*MobTracker.***

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: *MobTracker*: um aplicativo de captura de dados para o ensino de Física, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 28 – Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior.

Alfenas/MG

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado forças para trilhar esse caminho da pós-graduação.

À Sociedade Brasileira de Física, pela participação ativa na implantação do MNPEF.

À Universidade Federal de Alfenas, pela oportunidade oferecida. Foi um prazer imenso retornar à mesma instituição na qual iniciei a graduação em 2009.

Ao professor Artur Justiniano Roberto Júnior, pela orientação, paciência, amizade e conhecimentos transmitidos.

À minha linda esposa e meus filhos, pela compreensão e apoio durante essa empreitada, pois reconheço que, muitas vezes, dediquei-me mais aos estudos do que a eles, porém sempre em prol deles.

Aos meus pais, Selma e Lúcio, que, cada um à sua maneira, sempre me incentivaram e apoiaram a progredir nos estudos.

À direção e a todos os profissionais da escola participante, por disponibilizar as turmas de alunos, tempo de aula e recursos materiais para o desenvolvimento da pesquisa.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização do presente trabalho.

É com imensa felicidade, e ao mesmo tempo tristeza, que me despeço dos colegas e professores que me acompanharam durante o curso.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	GUIA DE UTILIZAÇÃO DO MOBTRACKER	7
2.1	INSTALAÇÃO.	7
2.2	INTERFACE.....	8
2.3	CAPTURA E SELEÇÃO DE VÍDEO.....	10
2.4	SISTEMA DE COORDENADAS	11
2.5	DEFINIÇÃO DA DISTÂNCIA DE REFERÊNCIA ENTRE DOIS PONTOS...	12
2.6	DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE PONTOS A SEREM CAPTURADOS. .	13
2.7	CAPTURA DOS DADOS.....	14
2.8	ANÁLISE GRÁFICA DOS DADOS.....	17
3	ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA	20
3.1.	MÁQUINA DE ATWOOD	20
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A análise de imagens e vídeos tem auxiliado o ensino de Física desde muito tempo. Fotografias estroboscópicas (**Fig. 1**) são exemplos clássicos desse uso. Por meio delas, pode-se identificar a posição de um objeto em diferentes instantes de tempo, permitindo que os estudantes discutam aspectos importantes do fenômeno estudado.

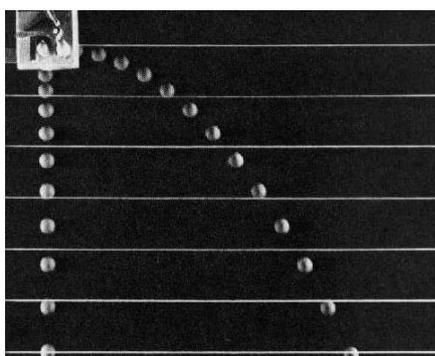


Fig. 1 – Fotografia estroboscópica de uma queda-livre simultânea com um lançamento horizontal.
Fonte: PEDUZZI (1998).

A popularização das câmeras fotográficas e o desenvolvimento de *softwares* tornou a videoanálise um recurso ainda mais atrativo para o ensino de Física. Seu uso pode abranger os diversos conteúdos da Física, como a Mecânica, o Eletromagnetismo, a Óptica, etc. Neste tutorial, apresentaremos uma opção de *software* gratuito que tem essa finalidade, chamado *MobTracker*.

O *MobTracker* nasceu no Laboratório de Tecnologia Educacional da UNIFAL e consiste num aplicativo de captura de dados a partir de um experimento filmado. É um *software* que não realiza processamento de imagens, ele apenas captura a posição (x, y) de um objeto em função do tempo quando o usuário toca a tela do *smartphone* (videoanálise). Ele permite ao professor tanto montar um experimento em sala de aula junto com seus alunos, quanto compartilhar a gravação de algum experimento realizado em outra localidade. Da mesma forma, o estudante pode montar seu próprio experimento, coletar e analisar os dados. Ou seja, o *MobTracker* possibilita o posicionamento ativo do estudante, estimulando-o a tomar decisões sobre a forma de captura e análise dos dados.

O objetivo principal é apresentar um breve tutorial de utilização e funcionamento do *MobTracker*, bem como apresentar uma proposta didática

contendo roteiros de experimentos que possam ser realizados em sala de aula, pelos estudantes e professores, através da utilização do aplicativo, com vistas a contribuir para a melhoria da qualidade do ensino de Física.

2 GUIA DE UTILIZAÇÃO DO MOBTRACKER

O aplicativo *MobTracker* está baseado na captura e análise de pontos de uma cena (experimento) previamente gravada. O arquivo para instalação do aplicativo encontra-se disponível no endereço: <https://drive.google.com/file/d/1XfBN-APypLCTtcR28VsfPhoS6MnCR6C7/view?usp=drivesdk>

Depois de realizado o download do *MobTracker*, apresenta-se, a seguir, o passo a passo para a sua instalação e utilização.

2.1 INSTALAÇÃO

Inicialmente, como o aplicativo *MobTracker* ainda não está disponível na *PlayStore*, faz-se necessário a sua instalação de forma manual, seguindo-se os passos:

1. Localização do arquivo de instalação (*MobTracker0.1.apk*) na memória do smartphone (**Fig. 2a**);
2. Clique sobre o arquivo para iniciar a instalação. Aparecerá a mensagem “*MobTracker*. Quer instalar este aplicativo?”. Basta clicar em “Instalar” (**Fig. 2b**);
3. Após instalado, na primeira execução, o *MobTracker* solicitará algumas permissões de acesso que são necessárias ao seu funcionamento. Basta clicar em “OK” e o aplicativo estará pronto para ser utilizado (**Fig. 2c**).

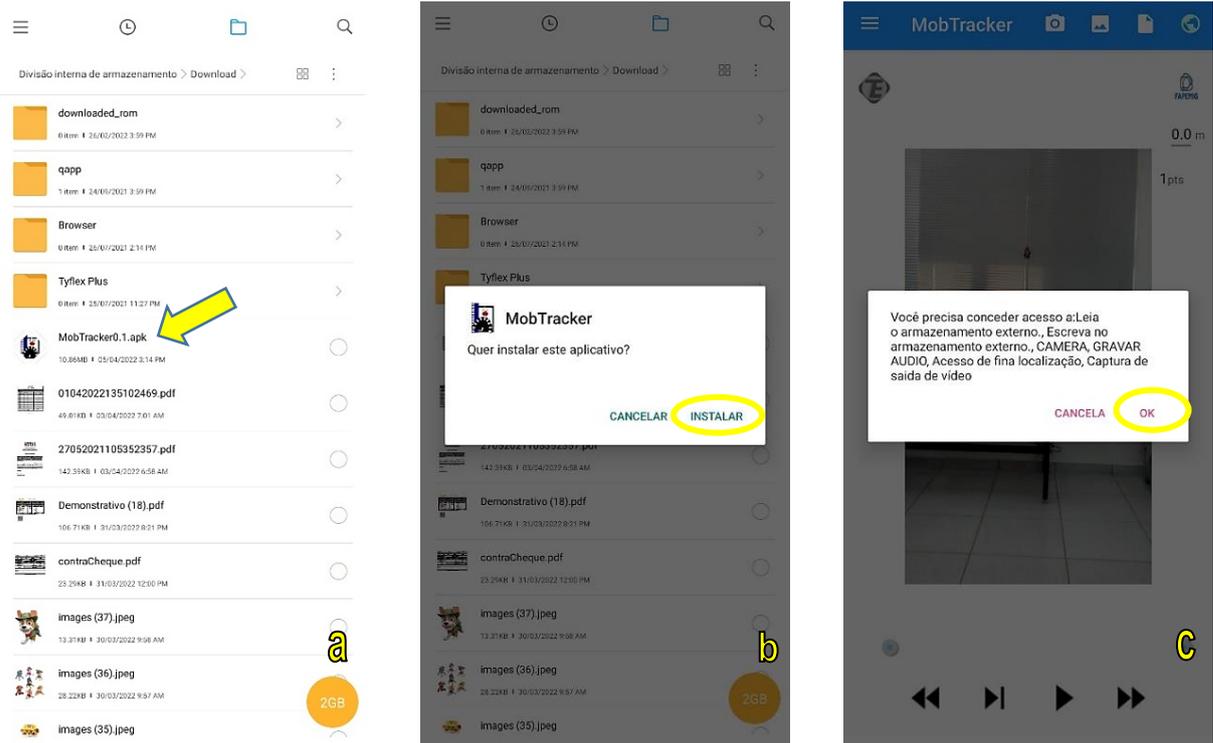


Fig. 2 – (a) Arquivo de instalação.
Fonte: do autor.

(b) – Comando de instalação.

(c) – Concessão de permissões.

2.2 INTERFACE

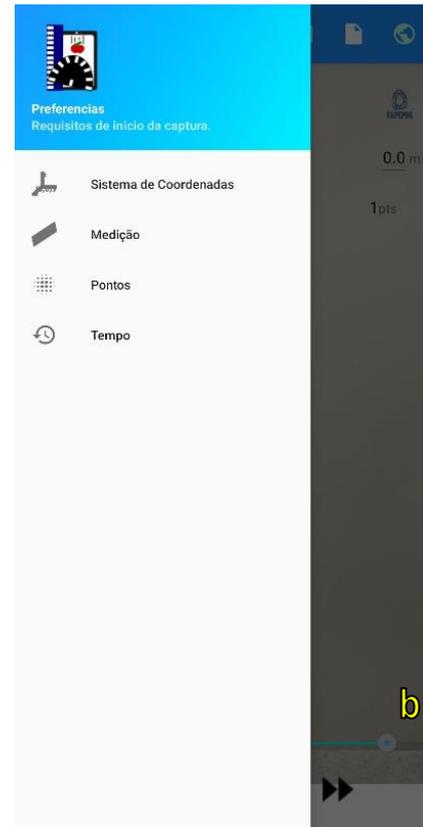
A interface do *MobTracker* possibilita a ampliação do entendimento de assuntos da física relacionados ao Ensino Médio e/ou Superior.

O *MobTracker* inicia sempre com um vídeo padrão de um pêndulo em movimento, porém permite que o estudante escolha qualquer vídeo de sua galeria para a realização do experimento, bem como permite gravar o experimento em tempo real. Este vídeo ficará visível a todo momento no plano de fundo do aplicativo, logo, o estudante tem a possibilidade de reproduzi-lo e selecionar um seguimento de tempo para que possa trabalhar sobre ele, assim como ver as marcações dos pontos no tempo que serão capturados. Além disso, a quantidade de pontos e a medida sempre estarão visíveis, para que o usuário não se perca na hora da realização do experimento. Na **Fig. 3a** podemos observar a interface principal do *MobTracker*, e na **Fig. 3b** podemos observar a interface inicial do *MobTracker* com o menu lateral expandido.



Fig. 3 – (a) Interface principal do *MobTracker*.

Fonte: do autor.



(b) Interface inicial do *MobTracker* com o menu lateral expandido.

Os ícones escolhidos proporcionam uma agilidade ao usuário para encontrar o que deseja, como encontrar um vídeo na galeria, acesso à câmera ou até mesmo localizar um arquivo de um experimento já realizado.

Como é necessária uma atenção maior do estudante para o aplicativo, o *MobTracker* apresenta duas formas para o início de um experimento:

- **Manual**, que requer que o estudante abra a opção de menu lateral e escolha um a um os requisitos, como o posicionamento do sistema de coordenadas, a distância em metros de um ponto a outro como referencial do vídeo e a quantidade de pontos que ele quer coletar, como o tipo do movimento a ser capturado.
- **Automática**, onde o estudante precisa apenas dar início a captura dos pontos, clicando no “▶” (*play*), que o aplicativo vai automaticamente direcioná-lo aos requisitos necessários para que a captura possa ser feita adequadamente.

2.3 CAPTURA E SELEÇÃO DE VÍDEO.

Conforme já mencionado, o *MobTracker* inicia sempre com um vídeo padrão de um pêndulo em movimento, porém permite que o estudante escolha qualquer vídeo de sua galeria para a realização do experimento, bem como permite gravar o experimento em tempo real. A gravação e a seleção de vídeos estão disponíveis nos botões “câmera” e “galeria”, mostrados na **Fig. 4a**.

Nem sempre os vídeos a serem analisados para os experimentos estarão exatamente da forma como é desejado. Dado um experimento de queda livre, por exemplo, onde uma bolinha é liberada de determinada altura em direção ao chão, a pessoa que está gravando pode ter iniciado a captura do vídeo minutos antes de o experimento realmente começar, ou até mesmo esqueceu ou não conseguiu finalizar o vídeo exatamente quando a bolinha chegou ao chão.

Ou seja, pode ser difícil capturar um vídeo com o início e fim exatamente iguais ao início e fim de um experimento. Porém, o *MobTracker* consegue ajustar estes limites para que, mesmo em um vídeo onde ocorreram atrasos de partida e finalização, seja possível utilizar apenas a partição certa do vídeo. Estes ajustes são feitos de acordo com o tempo do vídeo, dado um limite inicial e um final apresentados na barra de execução na tela inicial do aplicativo. Estes marcadores de limites podem ser facilmente movidos para qualquer momento do vídeo, podendo assim, o usuário "cortar" a parte e a quantidade de conteúdo inaproveitável que ele quiser. Vejamos a barra de seleção e corte de vídeo na **Fig. 4b** abaixo.



Fig. 4 – (a) Botões de gravação e acesso à galeria
Fonte: do autor.



(b) Barra de seleção e corte de vídeo.

2.4 SISTEMA DE COORDENADAS

Por padrão, veremos como iniciar a análise de um experimento no formato manual. Logo, o primeiro passo será definir o sistema de coordenadas do experimento.

O sistema de coordenadas é um referencial indispensável para a coleta de pontos e o *MobTracker* permite reposicioná-lo em qualquer lugar da tela e, além disso, inverter os eixos x e y , de forma que o sistema de coordenadas possa ser rotacionado em diversas maneiras diferentes, ficando, por exemplo, com:

- Eixo x positivo para direita e eixo y positivo para cima;
- Eixo x positivo para esquerda e eixo y positivo para cima;
- Eixo x positivo para cima e eixo y positivo para direita;
- Eixo x positivo para baixo e eixo y positivo para esquerda.

Como é possível também incliná-lo, torna-se possível realizar experimentos em qualquer tipo de base para o objeto, uma vez que o Sistema de Coordenadas poderá ser definido de acordo com o que o usuário necessitar (**Fig. 5a-c**).

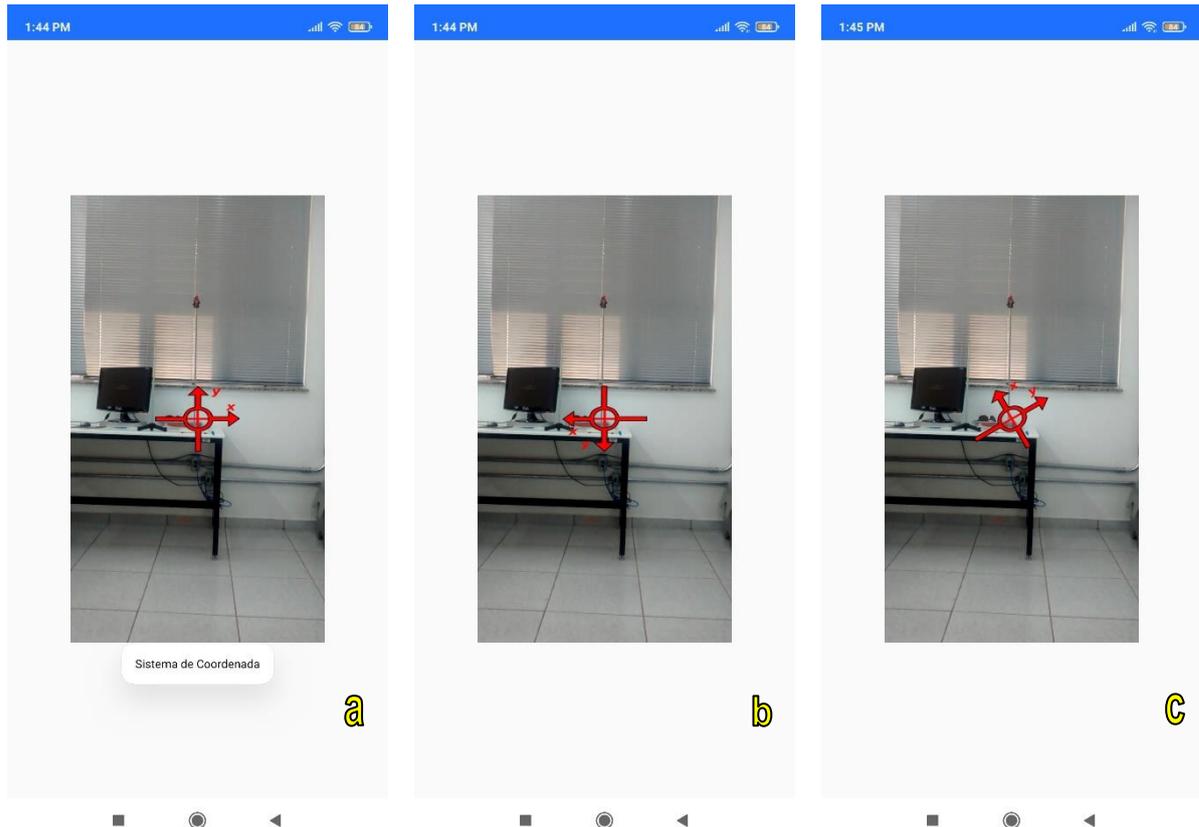


Fig. 5 – Posicionamento do sistema de coordenadas, da esquerda para a direita. **(a)** eixo x positivo para a direita e eixo y positivo para cima. **(b)** eixo x positivo para a esquerda e eixo y positivo para baixo. **(c)** sistema de coordenadas com eixo x invertido com o eixo y e inclinado cerca de 30° em relação ao sistema de referência.

Fonte: do autor.

2.5 DEFINIÇÃO DA DISTÂNCIA DE REFERÊNCIA ENTRE DOIS PONTOS.

A definição da distância de referência entre dois pontos no vídeo embasará a apresentação de todos os resultados finais do experimento. Portanto, neste momento, o usuário deverá definir a distância, em metros, entre dois pontos no vídeo, com distância real conhecida, para que sirva de referencial para as medidas que serão realizadas no experimento (**Fig. 6a-b**).



Fig. 6 – (a) marcadores de distância de referência.
Fonte: do autor.



(b) Definição da distância de referência, em metros.

2.6 DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE PONTOS A SEREM CAPTURADOS.

A captura dos pontos de forma não-automática é o que dá total interação do usuário com o seu experimento, e este é justamente um dos objetivos do *MobTracker*.

Nesta etapa, o usuário deve escolher a quantidade de pontos a serem capturados no vídeo, dentro de um intervalo de 1 a 100 pontos, conforme demonstrado na **Fig. 7a**. Em seguida, conforme demonstrado na **Fig. 7b**, o usuário deve também escolher o formato da captura dos dados, estando disponíveis as seguintes opções: movimento oscilatório (pendular) de um único objeto; movimento linear de um único objeto; e movimento de dois objetos. Uma vez definidos estes parâmetros, o usuário poderá, finalmente, seguir para a captura dos dados experimentais para posterior análise.

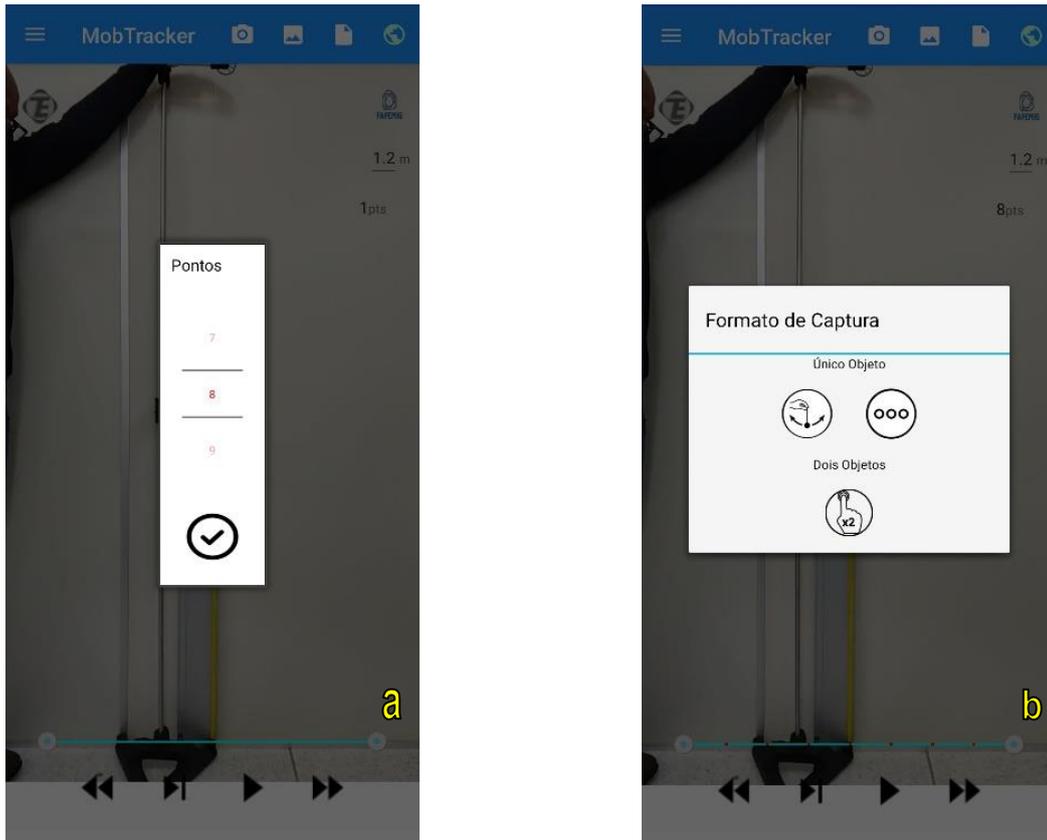


Fig. 7 – (a) Definição da quantidade de pontos a serem capturados.
Fonte: do autor.

(b) Definição do formato de captura de dados (Tipo de experimento).

2.7 CAPTURA DOS DADOS.

A parte mais importante do experimento realizado através do *MobTracker* é a captura dos dados, onde o usuário é o agente ativo na seleção dos pontos de acordo com o objeto em cena e o tempo do vídeo.

Neste passo, o vídeo será pausado no intervalo de tempo no qual o usuário deve capturar um ponto, conforme a quantidade de pontos previamente escolhida para captura. Logo, a cada clique, o usuário marcará um ponto que deve ser posicionado no mesmo local do objeto em vídeo. Este ponto é representado por um marcador “em cruz” na cor vermelha, que pode ser reposicionado, dentro de um intervalo de tempo aproximado de 5 segundos, de acordo com a vontade e a necessidade do usuário, para que ele tenha mais precisão na hora de salvar os dados daquele ponto (**Fig. 8a**).

Realizado o posicionamento no local apropriado, o marcador aparece na cor roxa, e a partição na barra de execução do vídeo (*seekbar*) torna-se na cor vermelha, notificando ao usuário que os dados daquele ponto foram salvos com

sucesso, de modo que o usuário possa prosseguir para o próximo ponto (**Fig. 8b**). Caso o usuário ainda não esteja satisfeito com o ponto marcado anteriormente, ele tem a opção de voltar nos pontos anteriores e repetir o processo de marcação. Esta funcionalidade está disponível através do botão “voltar”, localizado na extremidade inferior esquerda da tela e é extremamente útil, por exemplo, para experimentos que contenham grandes quantidades de pontos a serem marcados (**Fig. 8c**).

A captura de dados teve que ser tratada com bastante zelo, pois a margem de erros na captura de pontos pode ser grande devido a vários fatores, como, por exemplo, o “dedo gordo”. Assim, essa etapa deve ser trabalhada de forma que o usuário tenha liberdade de corrigir seus erros durante a execução do próprio experimento, sem necessidade de ter que recomeçá-lo.

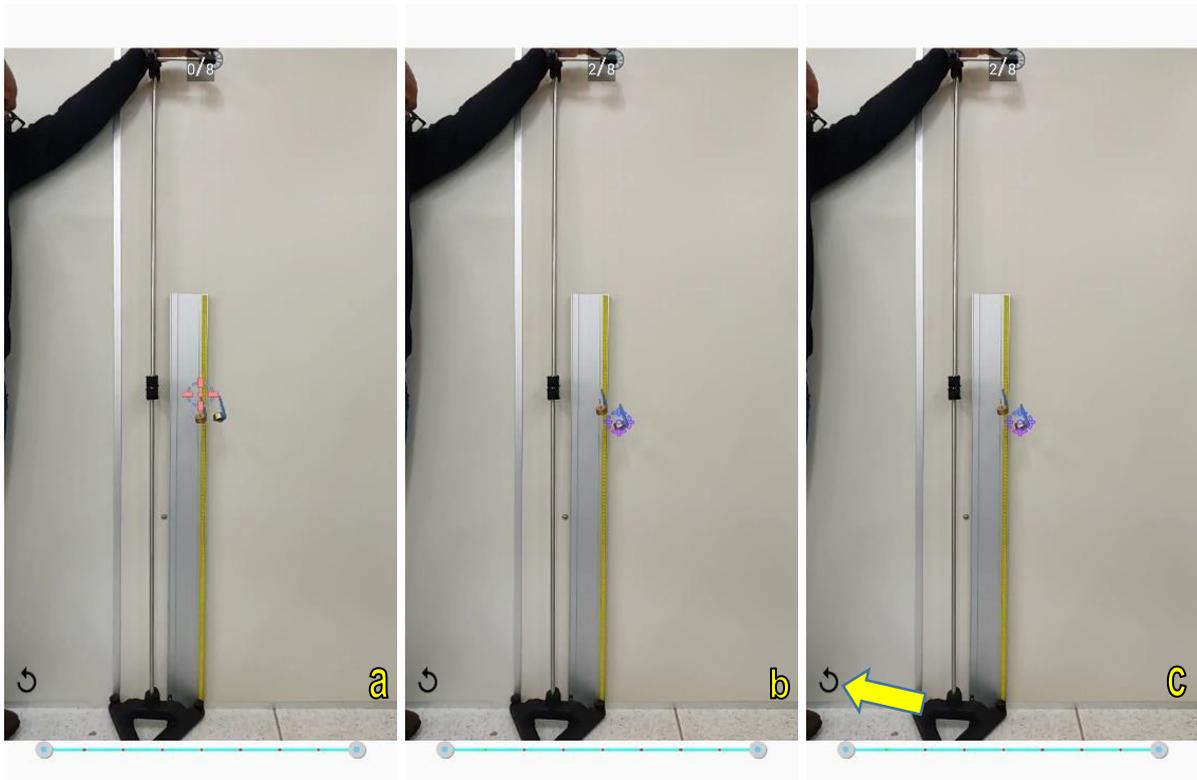


Fig. 8 – (a) Captura de dados através do posicionamento do marcador. (b) Ponto marcado e salvo. (c) Retorno ao ponto anterior através do botão “voltar”.

Fonte: do autor.

Depois de finalizada a captura dos dados, aparecerá na tela do aparelho uma mensagem perguntando se o usuário deseja salvar os dados, conforme aparece na **Fig. 9**. Basta clicar em “OK” e pronto!

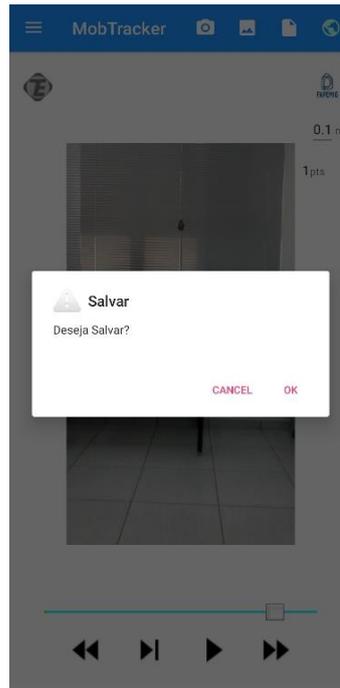
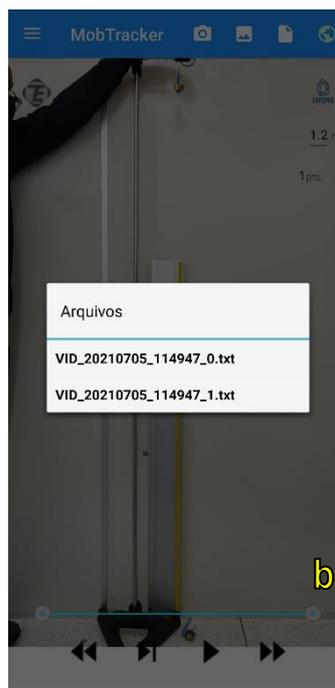


Fig. 9 – Mensagem de salvamento.
Fonte: do autor.

Todos os dados de captura serão armazenados e utilizados como base para a criação de um arquivo de texto final, no formato “.txt”, que ficará armazenado na memória do *smartphone* e disponível para acesso através da interface do próprio *MobTracker*, no botão “Arquivos”, conforme mostrado na **Fig. 10a-c**.



Fig. 10 – (a) botão abrir.
Fonte: do autor.



(b) pasta de arquivos.



(c) dados experimentais salvos.

Para a realização de uma atividade experimental a base de dados deve ser confiável, e sua confiabilidade está ligada diretamente com a marcação dos pontos na fase de captura dos dados do aplicativo. Por isso, a importância de existirem ferramentas que permitem a correção e melhoramento da captura.

2.8 ANÁLISE GRÁFICA DOS DADOS.

Gráficos consistem em ferramentas de expressão visual de dados ou valores numéricos, de maneiras diferentes, no intuito de facilitar a leitura e interpretação dos dados.

No *MobTracker*, os dados coletados são plotados em três tipos de gráficos diferentes: eixo x pelo tempo; eixo y pelo tempo; e ângulo pelo tempo. E estes gráficos podem ser acessados através dos botões localizados na parte inferior da tabela de dados.

Para um melhor entendimento, na imagem, pode-se observar os pontos que foram coletados em vermelho. **(Fig. 11a-c)**.

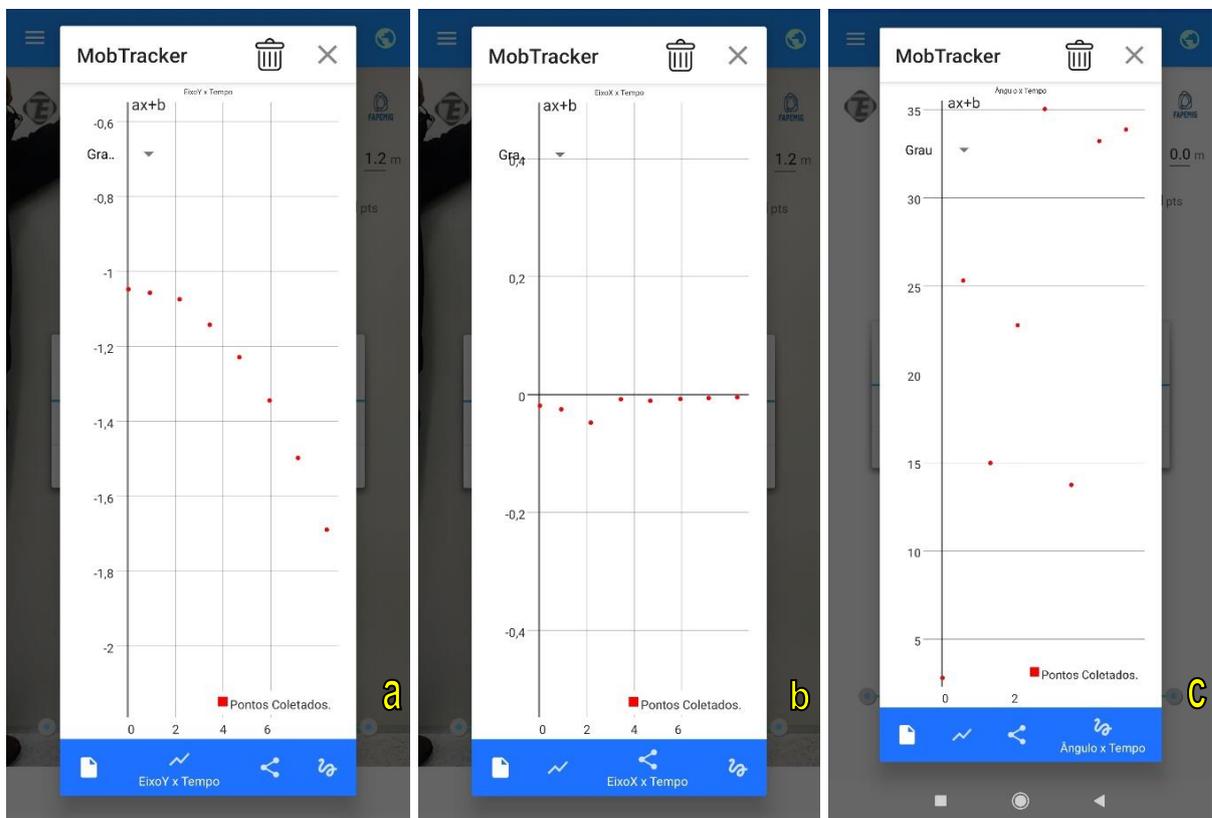


Fig. 11 – (a) Eixo y X tempo.
Fonte: do autor.

(b) Eixo x X tempo.

(c) Ângulo X tempo.

O usuário tem ainda a opção de plotar funções adicionais de primeiro, segundo e terceiro grau, que se aproximam dos dados capturados utilizando o método dos mínimos quadrados. A equação da função é mostrada, assim como seu coeficiente de correlação com os pontos (**Fig. 12a-c**).

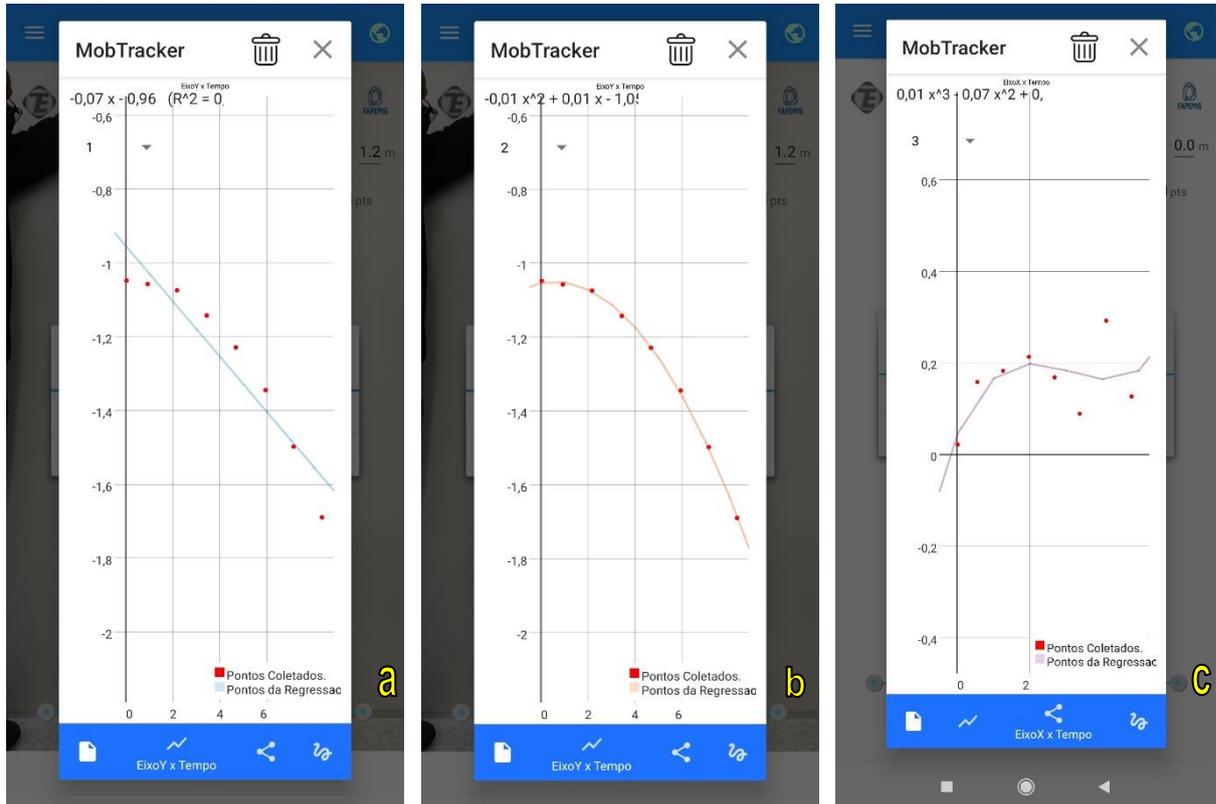


Fig. 12 – (a) Regressão de 1º grau.

Fonte: do autor.

(b) Regressão de 2º grau.

(c) Regressão de 3º grau.

A função em azul demonstra a aproximação de primeiro grau em relação aos pontos coletados, já a função em laranja representa uma aproximação de mínimos quadrados de segundo grau, e a função na cor roxa representa uma aproximação de mínimos quadrados de terceiro grau. Na parte superior da imagem, podemos ver uma parte da equação que foi criada a partir do cálculo dos mínimos quadrados. Ela pode ser observada por completo, caso o usuário deslize-a para o lado. No mesmo local, há a informação do coeficiente de correlação da última função formada com os pontos coletados, fazendo com que o usuário tenha uma noção maior sobre o quão de acordo com os pontos coletados as funções apresentadas estão.

É possível ainda explorar a área dos gráficos, bastando movimentar dois dedos no estilo “aumentar e diminuir *zoom*”.

A seguir, apresenta-se uma sequência didática contendo propostas de atividades experimentais, possíveis de serem realizadas com a utilização do *MobTracker*, com ênfase em Mecânica, que possam ser utilizados por alunos e professores na construção de atividades pedagógicas voltadas ao ensino de Física.

3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA

3.1. MÁQUINA DE ATWOOD.

• RESUMO TEÓRICO

O experimento sugerido decorre de uma adaptação daquele sugerido por Parreira (2018).

Como citado por Parreira (2018), a máquina de Atwood consiste em uma corda que passa por uma polia com um objeto fixado a cada uma de suas extremidades, como ilustrado na **Fig. 13**. Sendo os pesos de cada um dos objetos conhecidos, é possível prever, através da 2ª lei de Newton, qual será a aceleração do conjunto quando nenhuma outra influência, além da força peso e da força da polia sobre a corda, atuam sobre a máquina.

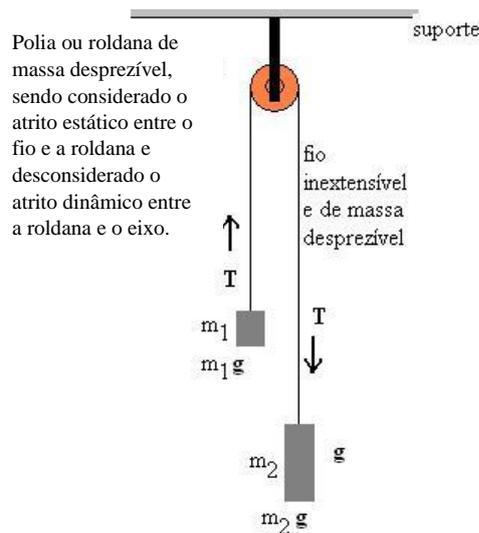


Fig. 13 – Representação gráfica de uma máquina de Atwood.

Fonte: do autor.

➤ Características:

- as massas são conhecidas;
- a aceleração é constante;
- os objetos partem do repouso, portanto $v_0 = 0$;
- a velocidade aumenta uniformemente;
- o movimento descreve uma situação de MRUV.

➤ Equações:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \quad 2^{\text{a}} \text{ Lei de Newton}$$

Aplicando a 2ª Lei de Newton a fim de caracterizar as forças que agem sobre ambos os objetos quando do início do movimento, temos que:

➔ Objeto com massa m_1

$$T - m_1 \cdot g = m_1 \cdot a$$

➔ Objeto com massa m_2

$$-T + m_2 \cdot g = m_2 \cdot a$$

Somando as equações e igualando os termos, temos que:

$$a = \frac{g(m_2 - m_1)}{m_2 + m_1}$$

• **OBJETIVOS**

- Estudar o movimento de objetos em uma máquina de Atwood;
- Interpretar gráficos que envolvam posição, velocidade, aceleração e tempo;
- Verificar se os resultados obtidos reproduzem o que é anunciado teoricamente;
- Determinar a aceleração do conjunto;
- Verificar a validade da 2ª Lei de Newton na previsão das características do movimento dos objetos.

• **CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

- Como utilizar o aplicativo *MobTracker*;
- Conceito de movimento;
- Velocidade;
- Aceleração;
- 2ª Lei de Newton.

• **MATERIAIS NECESSÁRIOS**

- 02 objetos com massas conhecidas;
- 01 balança de precisão;
- 01 tripé;
- Fio inextensível;
- 01 polia;

- *Smartphone* para filmagem de uma situação que apresente uma máquina de Atwood em funcionamento;
- Aplicativo *MobTracker* instalado.

- **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL/CAPTURA DE IMAGENS**

1. Para a captura das imagens deve-se escolher um local iluminado e deve-se posicionar a câmera preferencialmente em um tripé (a câmera precisa ficar fixa) e o mais paralelo possível ao movimento.

2. Colocar no espaço onde a imagem será captada pela câmera um objeto com dimensões conhecidas para ter-se um padrão de medida. **Obs.:** Esse item não deve ser esquecido.

3. Liberar as massas a partir da mesma altura em relação ao solo;

4. Realizar a filmagem do experimento.

5. Verificar se a filmagem ficou satisfatória. Se não, realizá-la novamente.

6. Fazer cortes na filmagem, caso sejam necessários. Para isso, pode ser utilizado o aplicativo *KineMaster* ou outro similar, ou o próprio *MobTracker*.

Como alternativa, caso surja algum problema ou dificuldade, foi realizada a montagem e filmagem do experimento sugerido no laboratório de Física da Universidade Federal de Alfnas – UNIFAL, ficando em condições de ser disponibilizado aos estudantes através do compartilhamento entre dispositivos móveis, caso seja necessário, e o arquivo contendo o vídeo do experimento da máquina de Atwood encontra-se disponível no endereço: <https://drive.google.com/file/d/1XcnLptMKHThhETKu0XG0X4wqmZTgY8xE/view?usp=drivesdk>

- **OBTENÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE**

1. Com o *MobTracker* aberto, selecione na biblioteca o vídeo que será analisado.

2. Insira o eixo das coordenadas, defina a escala de referência e selecione a quantidade de pontos a serem capturados.

3. Defina o tipo de movimento.

4. Realize a captura dos dados da movimentação de apenas um dos objetos.

5. Salve a atividade desenvolvida.

• INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

Ao estudarmos o movimento dos corpos na máquina de Atwood por videoanálise, com base nas equações acima descritas e utilizando o software *MobTracker*, será possível determinar o módulo da aceleração do conjunto, e confrontá-lo com os dados teóricos obtidos.

A partir da captura dos dados será possível observar que, conforme variar o tempo, a variação da altura do objeto em relação ao solo não será linear, ou seja, o corpo cai com uma velocidade variável devido à aceleração do conjunto. Assim, o gráfico da altura de um objeto em queda livre, em relação ao tempo, constitui uma parábola. Na aba gráficos, será possível visualizar o fenômeno.

Ou seja, trata-se de um movimento uniformemente variado, e que pode ser tratado a partir da seguinte equação do movimento:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \quad \rightarrow \quad s - s_0 = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Levando-se em conta que $s - s_0 = h$, correspondente à altura, e que a velocidade inicial do objeto é igual a zero, pois parte do repouso, tem-se então, por analogia, que $h = \frac{a}{2} \cdot t^2$ sendo $a < g$. Ou seja, o movimento pode ser descrito por uma equação do segundo grau.

No *MobTracker*, ao analisar os gráficos da altura x tempo, é possível aplicar o ajuste da curva de grau 2 em relação aos pontos capturados, e então será gerada uma equação, na qual, por comparação, o coeficiente quadrático representará o valor de $\frac{a}{2}$. Ou seja, basta multiplicar o valor obtido para o primeiro coeficiente da equação por 2 e obter-se-á o valor da aceleração **a**.

Esse valor pode ser comparado com aquele obtido através do cálculo a partir dos valores das massas que foram previamente medidas, através da equação (13):

$$a = \frac{g(m_2 - m_1)}{m_2 + m_1}$$

→ **Questões:** (adaptação das sugestões de ORTIZ, 2016)

1. O objeto sofre influência de aceleração com valor similar ao valor teórico da aceleração da gravidade? Se não, por quê?
2. Esse valor corresponde ao valor teórico da aceleração do conjunto?

REFERÊNCIAS

- ORTIZ, J. L. R. **Experimento e aprendizagem:** o uso do software *Tracker* para o ensino da física numa perspectiva de ensino médio. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino Científico e Tecnológico), Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Santo Ângelo, 2016. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/206349>. Acesso em 16 jul. 2022.
- PARREIRA, J. E. Um curso de Mecânica com o uso do programa de vídeo-análise Tracker. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 980-1003, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p980/38066>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- PEDUZZI, L. O. Q. **Descrição geral de material instrucional utilizado na disciplina Física Geral I do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)** (1998). Disponível em: <http://www.fsc.ufsc.br/pesqpeduzzi/imagens-new4.htm>. Acesso em: 31 out. 2021.