

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPOS NATAL - CENTRAL
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10**

Cleiton de Souza Nascimento

Explorando movimentos: a relevância dos referenciais no lançamento de projéteis.

Natal/RN

2026

Cleiton de Souza Nascimento

Explorando movimentos: a relevância dos referenciais no lançamento de projéteis.

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campos Natal - Central como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. DSc. Calistrato Soares da Câmara Neto

Natal / RN
2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi

Nascimento, Cleiton de Souza.

N244e Explorando movimentos : a relevância dos referenciais no lançamento de projéteis. / Cleiton de Souza Nascimento. – 2026.
214 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2026.

Orientador(a): Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto.

1. Ensino de Física. 2. Videoanálise – Ferramenta didática. 3. Movimento de projéteis. I. Título.

SIBI/IFRN

CDU 53:37

Elaborada pela Bibliotecária
Maria Ilza da Costa – CRB-15/412

Cleiton de Souza Nascimento

Explorando movimentos: a relevância dos referenciais no lançamento de projéteis.

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal - Central como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 26 de março de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CALISTRATO SOARES DA CÂMARA NETO**
Data: 27/04/2026 09:48:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. DSc. Calistrato Soares da Câmara Neto - Orientador
Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **BRUNO LUSTOSA DE MOURA**
Data: 27/04/2026 11:33:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

RN

Prof. DSc. Bruno Lustosa de Moura – Examinador Interno
Instituto Federal do Rio Grande do Norte

IFRN

Documento assinado digitalmente
 **MARIO ANTONIO ALVES MONTEIRO**
Data: 27/04/2026 10:45:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. DSc. Mário Antonio Alves Monteiro – Examinador Externo
Instituto Federal de Pernambuco

IFPE

Natal / RN
2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo de toda a trajetória acadêmica. Aos meus pais, que sempre acreditaram na educação como caminho de transformação, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este sonho se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por Sua infinita misericórdia, que me sustentou ao longo de toda esta trajetória e tornou possível a concretização deste trabalho. Nos momentos de dificuldade, busquei n'Ele força, discernimento e perseverança, sendo constantemente exortado e encorajado pelas Escrituras Sagradas. O ensinamento contido em Provérbios 4,7 — “O princípio da sabedoria é: adquirir a sabedoria; sim, com tudo o que possuis, adquirir o entendimento” (BÍBLIA, Provérbios, 4,7) — serviu como guia e motivação, reforçando a convicção de que a verdadeira sabedoria deve ser buscada acima de todas as coisas. Nesse mesmo sentido, conforme expresso em Tiago 1,5–8, compreendo que Deus concede sabedoria àqueles que a procuram com sinceridade e fé, princípio que norteou minha caminhada acadêmica e pessoal durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, Josefa Araújo de Souza Nascimento e Rufo Batista do Nascimento, expresso minha profunda gratidão por serem, ao longo de toda a minha trajetória, meu porto seguro, bem como por proporcionarem as condições e os valores necessários para que eu tivesse acesso a uma educação sólida e de qualidade, além de contribuírem decisivamente para a minha formação como cidadão íntegro e consciente de minhas responsabilidades.

À minha esposa, Hidaiany Nunes da Silva Souza, e aos meus filhos, Ícaro Nascimento Nunes e Caleb Nascimento Nunes, expresso minha sincera gratidão pela paciência, compreensão e apoio demonstrados diante da necessidade de um isolamento social momentâneo, imprescindível para a dedicação aos estudos e à realização deste trabalho.

Aos amigos e familiares, agradeço pelo apoio constante e pela participação na organização e realização da experiência desenvolvida ao longo deste percurso. Estendo, igualmente, minha gratidão aos professores que, de forma ativa e significativa, contribuíram para o meu crescimento acadêmico, por meio de orientações, saberes compartilhados e incentivo permanente à formação científica.

Nas pessoas de Wellington Junior da Conceição e Yuri Gonçalves Rodrigues, expresso minha sincera gratidão aos colegas de mestrado, que compartilharam os momentos de estudo e contribuíram, de forma direta e indireta, para meu crescimento acadêmico e para a ampliação dos conhecimentos construídos ao longo dessa trajetória.

Aos alunos participantes da pesquisa, pela disponibilidade e engajamento, sem os quais este estudo não teria sido possível.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste sonho, deixo aqui minha mais profunda gratidão.

Ao meu orientador, Prof. DSc. Calistrato Soares da Câmara Neto, registro minha profunda e sincera gratidão pelo suporte constante e pela disponibilidade demonstrada ao longo de todas as etapas deste trabalho. Agradeço, especialmente, pela orientação atenta e comprometida, seja por meio da condução cuidadosa nos momentos que exigiram maior direcionamento, seja pelas intervenções firmes e necessárias, que reforçaram a importância da dedicação praticamente exclusiva para a adequada condução e conclusão desta pesquisa.

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

RESUMO

A escassez de laboratórios de ciências em funcionamento é uma realidade na maioria das escolas públicas do país. Nesta dissertação, apresentam-se os resultados de uma investigação sobre a utilização da videoanálise de movimentos de projéteis, com vistas a melhorar a aprendizagem do conceito de referencial no ensino médio. Para isso, foi produzida uma unidade didática, constituída por uma sequência organizada de aulas que integra teoria, prática experimental e o uso da videoanálise, por meio do software Tracker, com o objetivo de favorecer a aprendizagem significativa do conceito de referencial no ensino de Física.

A pesquisa foi realizada em uma turma de primeiro ano do ensino médio e teve como objetivo principal melhorar a aprendizagem do conceito de referencial a partir da aplicação de um produto educacional baseado na videoanálise de movimentos. A aplicação do produto educacional foi pautada na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, proposta por Demétrio Delisoicov.

Ao final da pesquisa, observou-se maior participação dos estudantes, com melhoria na dinâmica das aulas e ampliação da apropriação do conceito de referencial. Além disso, constatou-se que as aulas de Física se tornaram mais interessante e motivadoras para os discentes, estimulando-os a utilizar a videoanálise no estudo de outros fenômenos da Física.

Palavras-chave: Ensino de Física; Referencial; Videoanálise; Movimento de Projéteis.

ABSTRACT

The lack of functioning science laboratories is a reality in most public schools in the country. This dissertation presents the results of an investigation into the use of video analysis of projectile motion, aiming to improve the learning of the concept of reference frames in high school. To this end, a didactic unit was developed, consisting of an organized sequence of lessons that integrates theory, experimental practice, and the use of video analysis through the Tracker software, with the objective of promoting meaningful learning of the concept of reference frames in Physics teaching.

The research was conducted with a first-year high school class and aimed primarily to improve students' understanding of the concept of reference frames through the implementation of an educational product based on video analysis of motion. The application of the educational product was guided by the Three Pedagogical Moments methodology proposed by Demétrio Delizoicov.

At the end of the research, increased student participation was observed, along with improvements in classroom dynamics and a greater appropriation of the concept of reference frames. Furthermore, Physics classes became more engaging and motivating for students, encouraging them to use video analysis to study other physical phenomena.

Keywords: Physics Teaching; Reference Frame; Video Analysis; Projectile Motion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trem de Galileu	14
Figura 2 - Representação dos sistemas de coordenadas cartesiano (à direita) e polar (à esquerda).....	26
Figura 3 - Representação da posição no plano cartesiano (à direita) e nas coordenadas polares (à esquerda).....	27
Figura 4 - Representação da situação de um ônibus em movimento em relação a uma árvore.....	28
Figura 5 - Representação da trajetória realizada por uma bolinha	29
Figura 6 - Representação da trajetória realizada por uma bolinha em queda livre dentro de um ônibus em movimento, perspectiva do referencial dentro do ônibus	30
Figura 7 - Representação da trajetória realizada por uma bolinha em queda livre dentro de um ônibus em movimento, perspectiva do referencial fora do ônibus	30
Figura 8 - Representação da situação em que o ônibus freia bruscamente	31
Figura 9 - Bola de futebol parada no campo	32
Figura 10 - Posição da origem do sistema de coordenadas S' em relação à origem do sistema de coordenadas S e as posições da 'partícula em relação as origens dos sistemas de coordenadas S e S'	35
Figura 11 - Comparação da posição de uma partícula em referenciais inercial e acelerado	38
Figura 12 - Trajetória parabólica da bola lançada verticalmente a partir de um veículo em movimento retilíneo e uniforme, conforme observada no referencial do solo	41
Figura 13 - Trajetória retilínea da bola lançada verticalmente a partir de um veículo em movimento retilíneo e uniforme, conforme observada no referencial do veículo 1	42
Figura 14 - Trajetória parabólica da bola lançada verticalmente a partir de um veículo em movimento retilíneo e uniforme, conforme observada no referencial do veículo 2	43
Figura 15 - Capturas de telas do vídeo 01 – visão do referencial parado em relação ao solo (a esquerda), e do vídeo 02 – Visão do referencial parado em relação ao veículo onde ocorre o lançamento (a direita)	48
Figura 16 - Vara de cano com as marcações feitas.....	52
Figura 17 - Carro estacionado em local nivelado	52
Figura 18 - Colocação dos tecidos e verificação do nivelamento do cano.....	53
Figura 19 - Carro preparado como base de lançamento	53
Figura 20 - Representação do isolamento da parte da pista a ser usada	54
Figura 21 - Equipe e veículos utilizados	55
Figura 22 - Veículos posicionados para o início da experiência	55
Figura 23 - Veículos posicionados para iniciar uma nova tentativa.....	56
Figura 24 - Registro do início de mais uma das várias tentativas realizadas	57
Figura 25 - Registro do momento em que o sinal para início de uma das tentativas é dado....	57
Figura 26 - Analisando os vídeos com Tracker	58
Figura 27 - Destaque da imagem representativa do editor de vídeos CapCut.....	58
Figura 28 - Gráficos gerados no Software Tracker	59
Figura 29 - Imagem da tela do computador rodando o Software Tracker coletando os dados gerados pela queda “livre” da bola de basquete no vídeo	59
Figura 30 - Lado esquerdo da imagem: o amigo Tobias me entregando a bola. Lado direito: a bola (medicine ball).....	60
Figura 31 - Veículos utilizados na produção dos vídeos alinhados no início da Rua Ana Xavier	61

Figura 32 - Bloqueio do início da Rua Ana Xavier imagem a esquerda; verificação do enquadramento para o referencial parado em relação ao solo imagem central e foto da bola utilizada imagem a direita.....	62
Figura 33 – Registro dos bastidores da gravação dos vídeos: imagem a esquerda carro lançador e veículo em sentido contrário. Lado direito: momento de saída do veículo lançador	62
Figura 34 - Registro dos alunos na frente da escola preparados para uma foto	64
Figura 35 - Recorte do pré-teste, composto por 4 (quatro) questões discursivas, aplicado aos alunos.....	67
Figura 36 - Recorte do pós-teste.....	69
Figura 37 - Registro do momento da explicação da proposta geral do planejamento das aulas	74
Figura 38 - Foto da turma ouvindo a explanação da base teórica	75
Figura 39 - Registro do momento da verificação da massa da bola (0,388 quilograma)	76
Figura 40 - Registro do momento em que os alunos realizavam a experiência de queda livre	77
Figura 41 - Captura do momento em que o professor explanava sobre o software utilizando o computador com a imagem da tela espelhada na televisão	78
Figura 42 - Recorte da parte inicial do manual autoexplicativo do como manusear o software Tracker.....	78
Figura 43 - Foto da turma visualizando na televisão o uso em tempo real do software Tracker	79
Figura 44 - Registro de dois alunos tabulando os dados após realização da experiência.....	80
Figura 45 - Recorte da pesquisa de satisfação a esquerda, recorte do pré-teste ao centro e recorte do pós-teste a direita.....	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	15
1.4 APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA: CONTRIBUIÇÕES DA PRODUÇÃO ACADÊMICA PARA O USO DA VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	18
2.1 PORQUE A ESCOLHA DO SOFTWARE TRACKER.....	20
2.2 O QUE DIZ A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC).....	21
3 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	23
4 DINÂMICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE REFERÊNCIA	25
4.1 SISTEMA DE COORDENADAS	25
4.2 POSIÇÃO	26
4.3 REFERENCIAL	27
4.4 MOVIMENTO E REPOUSO.....	28
4.5 TRAJETÓRIA.....	29
4.6 SISTEMAS DE REFERÊNCIA (SR)	31
4.7 REFERENCIAL INERCIAL	31
4.8 REFERENCIAL NÃO INERCIAL.....	34
4.9 TRANSFORMAÇÕES ENTRE REFERENCIAIS.....	34
4.10 FORÇAS FICTÍCIAS EM REFERENCIAIS NÃO INERCIAIS.....	36
4.11 APLICAÇÕES E ANÁLISE COM INTEGRAIS.....	37
4.12 GRÁFICO: POSIÇÃO X TEMPO EM DIFERENTES REFERENCIAIS.....	38
4.13 ESTUDO DE CASO: LANÇAMENTO DE UMA BOLA A PARTIR DE UM VEÍCULO EM MOVIMENTO.....	39
4.14 OBSERVADOR EM UM REFERENCIAL PARADO EM RELAÇÃO AO SOLO ..	41
4.15 OBSERVADOR EM UM REFERENCIAL SOLIDÁRIO AO VEÍCULO.....	42
4.16 OBSERVADOR EM UM VEÍCULO COM MESMA VELOCIDADE, SENTIDO CONTRÁRIO	43
5 PRODUTO EDUCACIONAL	45
5.1 UNIDADE DIDÁTICA - VÍDEOS.....	47
5.2 MATERIAIS UTILIZADOS.....	48

5.3 REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DOS VÍDEOS	51
6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	63
6.1 ANÁLISE DA ESCOLA NOS CONTEXTOS: FÍSICO, PEDAGÓGICO E SOCIAL	63
6.2 MOTIVAÇÃO DA PROPOSTA	65
6.3 DESCRIÇÃO DAS QUESTÕES DO PRÉ-TESTE.....	66
6.4 DESCRIÇÃO DAS QUESTÕES DO PÓS-TESTE.....	68
6.5 RELATOS DAS AULAS COM A UTILIZAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA	73
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
7.1 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE.....	81
7.2 RESULTADOS DO PÓS-TESTE.....	82
7.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	83
7.4 SUGESTÃO PARA ORGANIZAÇÃO E ANDAMENTO DAS AULAS.....	84
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
Referências Bibliográficas.....	97
APÊNDICE A – Pré-teste.....	101
APÊNDICE B – Pós-teste	102
APÊNDICE C – Pesquisa de satisfação	104
APÊNDICE D – Manual de instrução	105
APÊNDICE E - QR code e link para acesso aos vídeos 01, 02 e 03.....	132
APÊNDICE F - PRODUTO EDUCACIONAL	133

1 INTRODUÇÃO

Há uma necessidade constante de reestruturação das metodologias de ensino utilizadas e de uma formação continuada voltada à atualização dos profissionais da educação responsáveis pelo ensino da Física, especialmente na contemporaneidade, marcada pela rápida evolução tecnológica. Como ressalta Moraes (2012), o professor deve estar preparado para responder às exigências de uma sociedade globalizada e em constante transformação do conhecimento e da tecnologia. Nesse contexto, torna-se indispensável buscar práticas pedagógicas que promovam a aprendizagem significativa e que incorporem recursos tecnológicos de forma crítica e criativa, ou seja, não apenas como suporte técnico, mas como instrumento de reflexão e transformação social. De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem torna-se significativa quando novas informações se ancoram em conceitos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz.

A carência de laboratórios de Física na maior parte das escolas públicas brasileiras constitui um dos principais problemas geradores de entraves ao desenvolvimento de práticas experimentais que articulam teoria e prática no ensino de Ciências, reduzindo o espaço para a construção ativa do conhecimento e limitando metodologias inovadoras. Para Hodson (1994), um trabalho de laboratório verdadeiramente educativo deve transcender a mera confirmação de teoria e promover experiências que favoreçam reflexão, investigação e compreensão crítica dos fenômenos, algo dificultado pela ausência de infraestrutura adequada nas escolas públicas brasileiras.

Nesse sentido, Krasilchik (2004) argumenta que práticas experimentais bem concebidas são essenciais para engajar os estudantes e desenvolver habilidades científicas, sendo a simples exposição de conteúdos ineficaz para a formação de uma compreensão profunda. Da mesma forma, Carvalho et al. (2007) ressaltam que atividades experimentais são centrais para uma educação científica de qualidade, uma vez que possibilitam a visualização de conceitos abstratos e promovem aprendizagens significativas quando articuladas a metodologias que exploram a investigação e a problematização.

Essa lacuna estrutural, portanto, reforça a necessidade de transformação das metodologias de ensino e de formação continuada de professores, que se alinhem às exigências contemporâneas de um currículo que combine experimentação, reflexão

crítica e integração de recursos tecnológicos ao ensino da Física. Com base nessa perspectiva, este trabalho utiliza a metodologia de vídeoanálise como estratégia de ensino, abordando o estudo dos referenciais no contexto da mecânica clássica. Na ampla paisagem da física, a mecânica clássica se destaca como um dos pilares fundamentais da ciência, sendo responsável por descrever e explicar as leis que regem o movimento dos corpos no universo.

Como afirma Tipler e Mosca (2015), o estudo dos referenciais é essencial para compreender a forma como os fenômenos físicos são observados e descritos, pois toda medição de movimento depende da posição e do estado de movimento do observador. Assim, compreender os referenciais é entender como o conhecimento físico se constrói a partir de pontos de vistas distintos.

Conforme destaca Einstein (1954), a noção de referencial foi um dos conceitos centrais que permitiu a formulação da Teoria da Relatividade, mostrando que as leis da física devem ser válidas para todos os observadores em movimento uniforme. Portanto, a discussão sobre referenciais ultrapassa o campo da mecânica clássica, estendendo-se a outras áreas da física, como a relatividade e a física quântica.

Essa compreensão mais ampla não apenas enriquece o ensino da física básica, mas também prepara os alunos para assimilarem conceitos mais avançados, como o de velocidade relativa e movimento aparente, temas que exigem abstração e raciocínio lógico. A análise experimental aqui proposta faz referência à clássica experiência do trem de Galileu, ilustrada na Figura 1, em que um projétil é lançado de dentro de um trem em movimento retilíneo uniforme.

Essa situação contribui para esclarecer a importância do referencial na análise de um fenômeno físico, uma vez que o mesmo evento pode ser descrito de formas diferentes dependendo da posição e do movimento do observador (Galilei, 1638; Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Figura 1 - Trem de Galileu



Fonte: Acervo do autor.

Buscamos, portanto, conectar o cotidiano dos alunos com o conhecimento científico, partindo da metodologia didático-pedagógica dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), desenvolvida por Demétrio Delizoicov. Essa metodologia propõe três etapas interdependentes – problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento – que visam promover a construção ativa e crítica do saber científico (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011).

Essa proposta experimental visa aprofundar a compreensão conceitual de que o movimento é sempre relativo a um referencial. Como observa Hewitt (2017), a realidade do movimento é um dos princípios fundamentais da física, pois “não há movimento absoluto, apenas movimento em relação a algo”. Assim, mesmo um corpo considerado em repouso em relação à Terra está, de fato, em movimento quando observado a partir de outros referenciais.

Além de favorecer a aprendizagem, a experiência sugere a integração dos conceitos de Física e Matemática, reforçando a importância do trabalho interdisciplinar no ensino de ciências. Segundo Maldaner (2000), a colaboração entre as áreas permite ampliar a compreensão dos fenômenos e desenvolver nos estudantes uma visão mais integrada do conhecimento científico.

1.1 OBJETIVO GERAL

Investigar o potencial da utilização da videoanálise de movimentos reais como estratégia metodológica para favorecer a aprendizagem do conceito de referencial no ensino de Física, a partir de situações que façam parte de vivência dos estudantes.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender o conceito de referencial e a sua relação com o cotidiano;
- Aplicar a videoanálise como ferramenta de observação e interpretação de movimento reais;
- Analisar a importância dos gráficos de movimento e sua correlação com o referencial adotado;
- Avaliar a contribuição da videoanálise para a construção de uma aprendizagem mais significativa e contextualizada do conceito de referencial.

1.3 JUSTIFICATIVAS

Embora o tópico dos referenciais seja bastante comum na física, ele geralmente é abordado de forma rápida e, muitas vezes, com exemplos que exigem do estudante a realização de experiências apenas mentais. Segundo Gil Pérez e Carvalho (2000), o ensino de física tradicional tende a privilegiar a exposição teórica em detrimento da experimentação significativa, o que dificulta a compreensão conceitual por parte dos alunos.

Apesar de sabermos que experimentos mentais têm sido uma ferramenta essencial no desenvolvimento da física teórica – como demonstra os estudos clássicos de Einstein (1954 e Mach (1905), que utilizaram esse tipo de raciocínio para explorar ideias complexas sem recorrer à experimentação física direta –, acreditamos que a proposta aqui apresentada proporciona uma experiência mais concreta e acessível.

De acordo com Hodson (1994), a aprendizagem em ciências torna-se mais efetiva quando o estudante participa ativamente de atividades investigativas que relacionam teoria e prática. Nessa perspectiva, ao permitir que os estudantes analisem imagens de situações reais sob diferentes perspectivas, utilizando software para coleta de dados e construção de gráficos, buscamos possibilitar uma compreensão mais tangível das diferenças oriundas da localização do observador, isto é, do referencial.

Essa proposta se alinha à concepção defendida por Delizoicov e Angotti (1991), segundo a qual a aprendizagem significativa ocorre quando o conteúdo científico é

articulado com situações do cotidiano, estimulando o aluno a construir o conhecimento de forma crítica e contextualizada. Assim, o uso de videoanálise como recurso didático contribui não apenas para tornar o conceito de referencial mais concreto, mas também para promover uma aprendizagem ativa e investigativa, conforme defendem Maldaner (2000) e Moreira (2011) no campo do ensino de ciências.

1.4 APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS

O capítulo 2, apresenta uma revisão da produção acadêmica nacional relacionada ao uso da videoanálise no ensino de Física, destacando pesquisas, dissertações e artigos que abordam essa ferramenta como estratégia metodológica. O objetivo é contextualizar o trabalho no cenário das investigações brasileiras, evidenciando contribuições, potencialidades e limitações apontadas pela literatura, bem como justificar a relevância da presente pesquisa.

O capítulo 3, discute o referencial teórico-metodológico dos Três Momentos Pedagógicos, propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco. São apresentados os fundamentos da problematização inicial, da organização do conhecimento e da aplicação do conhecimento, estabelecendo sua importância para o ensino de Ciências e Física e sua relação com práticas pedagógicas contextualizadas e investigativas.

No capítulo 4, são abordados os fundamentos conceituais relacionados à Dinâmica em diferentes sistemas de referência, com ênfase no conceito de referencial e em sua relevância para a compreensão dos fenômenos físicos. O capítulo busca fornecer o embasamento teórico necessário para sustentar as discussões didáticas e as atividades propostas no produto educacional.

O capítulo 5, apresenta o produto educacional desenvolvido no âmbito desta pesquisa, descrevendo seus objetivos, estrutura e fundamentos pedagógicos. É detalhada a unidade didática elaborada, que integra o uso da videoanálise por meio do software Tracker, evidenciando como a proposta articula teoria, prática e tecnologia no ensino de Física.

O capítulo 6, descreve o processo de aplicação do produto educacional no contexto escolar, contemplando a caracterização da escola, da turma participante e o relato das aulas desenvolvidas. São apresentados os procedimentos metodológicos

adotados durante a intervenção, possibilitando a compreensão do percurso formativo vivenciado pelos estudantes.

No capítulo 7, são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir do pré-teste e do pós-teste, bem como das observações realizadas durante a aplicação do produto educacional. A discussão dos dados é realizada à luz do referencial teórico adotado, permitindo avaliar os avanços conceituais dos estudantes e a efetividade da videoanálise como estratégia metodológica.

O último capítulo apresenta as considerações finais da dissertação, retomando os objetivos propostos e sintetizando os principais resultados alcançados. Também são destacadas as contribuições do trabalho para o ensino de Física, as limitações da pesquisa e as possibilidades de continuidade e aprofundamento em estudos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA: CONTRIBUIÇÕES DA PRODUÇÃO ACADÊMICA PARA O USO DA VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

A vídeoanálise, enquanto campo de estudo e prática pedagógica, tem se desenvolvido de forma significativa nas últimas décadas, configurando-se como uma ferramenta promissora para o ensino de Física, sobretudo diante da escassez de laboratórios experimentais em funcionamento nas escolas públicas brasileiras. Essa carência, frequentemente apontada em pesquisas sobre o ensino de ciências, limita o contato dos estudantes com a experimentação – dimensão fundamental para a construção significativa do conhecimento científico (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

De acordo com Brian Greene (2003), renomado físico teórico e divulgador científico, a visualização gráfica de fenômenos complexos constitui um elemento essencial para a compreensão da realidade física:

"Muitos dos fenômenos que estudamos na física são contraintuitivos, e a visualização gráfica se tornou uma ferramenta indispensável para tornar esses fenômenos compreensíveis. Softwares avançados possibilitam a visualização em tempo real, o que tem acelerado o progresso científico." (Greene, 2003, p. 112).

Assim como Greene destaca a importância da representação visual para a pesquisa científica, no ensino de Física a utilização de ferramentas de vídeoanálise contribui para torna os conceitos abstratos mais acessíveis. Essa prática aproxima o estudante do fenômeno físico real, permitindo uma aprendizagem ativa e contextualizada, em consonância com as concepções de aprendizagem significativa defendidas por Ausubel (2003), que enfatiza a importância da relação entre novos conhecimentos e experiências prévias do aprendiz.

Com base nesse entendimento, foi realizado um levantamento de produções acadêmicas disponíveis no Portal de Período da CAPES e no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), a fim de identificar teses e dissertações publicadas nos últimos dez anos que abordassem o uso da vídeoanálise no ensino de Física no Ensino Médio.

A seleção das obras considerou três descritores principais: “ensino de física e videoanálise”, “mecânica clássica e lançamento de projéteis” e “referências e ensino médio”. Após o refinamento da busca, foram identificados 25 trabalhos pertinentes à temática, sendo 4 dissertações e 21 artigos. Os critérios de inclusão priorizaram produções que tratavam especificamente do ensino de lançamentos de projéteis e da aplicação da videoanálise no contexto escolar.

A Figura 3 apresenta uma amostra representativa das dissertações e artigos selecionados, indicando autor, título, programa de pós-graduação, instituição e ano de defesa ou publicação, organizados cronologicamente.

Tabela 1 – Distribuição das dissertações ou artigos, dos programas, das instituições e dos anos que foram defendidas.

Autor	Título da tese ou artigo	programas	instituição	Ano de defesa ou publicação
Roney Roberto de Melo Sousa	Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos	Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)	2015
Ubaldo Fernandes de Almeida	Uma proposta para o ensino de entropia no ensino médio	Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)	2015
Sérgio Luiz Bezerra Teixeira	Momento linear e sua lei de conservação utilizando um trilho de ar como organizador prévio	Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)	2016
Rhodriggo Mendes Virginio	Referenciais não-inerciais e forças fictícias: A proposição de um E-book com abordagem para o ensino médio	Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)	2017
Giulio Domenico	Desenvolvimento e utilização de um	Produtos e materiais	Universidade Tecnológica	

Bordin, Igor Henrique França e Arandi Ginane Junior	aplicativo móvel brasileiro para videoanálise: “Videoanalizando”	didáticos (Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 44)	Federal do Paraná	2022
--	---	--	----------------------	------

Fonte: elaborada pelo autor.

Além dos temas centrais sobre lançamentos de projéteis e uso da videoanálise, as produções analisadas também discutem aspectos metodológicos do ensino de Física, revisão da literatura, uso de tecnologias digitais, práticas docentes e análises de documentos curriculares – o que demonstra a amplitude e relevância do debate contemporâneo sobre o ensino mediado por tecnologias (MORAN, 2015).

2.1 PORQUE A ESCOLHA DO SOFTWARE TRACKER.

O Tracker é um software livre, desenvolvido em linguagem Java, voltado à análise e modelagem de movimentos a partir de vídeos. Sua criação está vinculada ao projeto Open Ource Physics (OSP), uma comunidade internacional dedicada à produção e compartilhamento de recursos gratuitos para o ensino de Física e modelagem computacional (BROWN; COX, 2009).

Esse programa permite a decomposição quadro a quadro de vídeos gravados com câmeras digitais ou webcams, favorecendo o estudo detalhado de diferentes tipos de movimento. Essa característica o torna uma ferramenta acessível, de baixo custo e de alta relevância acadêmica, especialmente em contextos escolares carentes de infraestrutura laboratorial.

A facilidade de uso e a interface intuitiva do Tracker contribuem para a inserção dos estudantes em um processo de investigação científica autônoma. Segundo Alves Filho (2004), as atividades experimentais de Física devem proporcionar “um espaço de problematização e construção ativa de conceitos, superando o simples cumprimento de roteiros laboratoriais predefinidos” (p. 47). O Tracker favorece justamente essa perspectiva, permitindo ao aluno explorar dados, construir gráficos e interpretar relações entre grandezas físicas em tempo real.

De acordo com Pretto (2001), o uso de tecnologias livres na educação contribui para formar sujeitos críticos e criativos:

“Precisamos formar um ser humano capaz de dialogar com os novos valores tecnológicos, e não um receptor passivo da informação.” (PRETTO, 2001, p. 220 apud SENA DOS ANJOS, 2008, p. 570).

Esse princípio sustenta a escolha pelo Tracker, que é um software gratuito, aberto e colaborativo, traduzido para o português por pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, o que reforça sua adequação ao contexto educacional brasileiro.

Ainda que existam limitações, como a necessidade de dispositivos com boa resolução e o acesso à internet, a adoção do Tracker tem se mostrado eficaz em diferentes pesquisas nacionais (BROWN, 2011; BORDIN; FRANÇA; GINANE JUNIOR, 2022). Além disso, seu uso permite superar barreiras estruturais, aproximando os alunos de um ambiente experimental virtual e participativo.

2.2 O QUE DIZ A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) enfatiza a importância do desenvolvimento de competências e habilidades que articulem o conhecimento científico à realidade cotidiana dos estudantes. No componente curricular de Física, o estudo do referencial e da velocidade relativa está inserido no eixo “Movimento e interações”, contemplando tanto o domínio conceitual quanto o uso de ferramentas tecnológicas digitais.

Entre as competências gerais destacadas pela BNCC, a presente proposta dialoga diretamente com:

- Competência 2 – Pensamento científico, crítico e criativo, ao promover a análise de fenômenos físicos sob diferentes referenciais;
- Competência 5 – Cultura digital, ao utilizar softwares e simuladores para a modelagem de movimentos;
- Competência 6 – Trabalho e projeto de vida, ao estimular a compreensão dos fenômenos físicos como base para aplicações tecnológicas e profissionais.

No que tange às habilidades específicas, destacam-se:

- EM13CNT203 – Avaliar e comparar diferentes sistemas de referência para descrever fenômenos de movimento;
- EM13CNT204 – Analisar movimentos em distintos referenciais, compreendendo como a mudança de observador altera a percepção do movimento;
- EM13CNT205 – Resolver problemas envolvendo velocidade relativa, reconhecendo a dependência da análise em relação ao referencial adotado.

Essas habilidades consolidam a importância do referencial como elemento estruturantes da cinemática e justificam o uso da videoanálise como estratégia didática. Conforme defende Delizoicov (1991), o ensino de Física deve possibilitar “a reconstrução do conhecimento científico pelo aluno, mediada pela problematização da realidade e pela experimentação significativa” (p. 34).

O estudo de referencial e de velocidade relativa integra-se de maneira significativa ao desenvolvimento de competências que permitem ao discente aplicar o conhecimento físico na resolução de problemas reais, analisando os fenômenos a partir de diferentes concepções. Essa abordagem está alinhada ao que propõe a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), cujo objetivo é formar um sujeito autônomo, crítico e capaz de atuar de forma reflexiva diante das demandas da sociedade contemporânea (BRASIL, 2018).

Dessa forma, o uso do Tracker, aliado à abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, favorece a concretização dos objetivos propostos pela BNCC, pois integra a experimentação, a tecnologia e o raciocínio científico de forma contextualizada e ativa.

3 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

No contexto da formação científica, a Teoria dos Três momentos Pedagógicos (3MP), proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), inspirada nas concepções freireanas, oferece um modelo metodológico inovador para o ensino de Física, ao enfatizar a problematização, a organização e a aplicação do conhecimento como eixos estruturantes da aprendizagem significativa.

Para Freire (1987), a problematização constitui um ato de reflexão crítica sobre a realidade, estimulando os educandos a questionarem o mundo e a compreenderem o conhecimento como uma construção social. O autor afirma que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 1996, p. 25). Nesse sentido, o professor atua como mediador de um processo que tem como base o diálogo e a curiosidade epistemológica.

Ao transpor essas ideias para o ensino de lançamentos de projéteis, a problematização pode ser concretizada por meio de questionamentos que envolvam a trajetória de um corpo em movimento sob diferentes referenciais e as variáveis que influenciam seu comportamento físico. Tais questionamentos, quando analisados com o auxílio de ferramentas tecnológicas como a videoanálise, permitem aos estudantes observarem, medir e interpretar fenômenos de maneira crítica e contextualizada (MOREIRA, 2011; MORAES & ROSA, 2015).

De acordo com Delizoicov (2002), segundo momento pedagógico – a organização do conhecimento – é o espaço no qual o estudante busca aprofundar sua compreensão dos conceitos científicos por meio da investigação e da pesquisa. Essa etapa promove o diálogo entre o saber científico e o saber cotidiano, permitindo que o aluno perceba o conhecimento físico como algo vivo, dinâmico e aplicável à sua realidade. Nessa perspectiva, o uso de recursos tecnológicos, como o software Tracker, pode funcionar como um instrumento de mediação que torna o processo de aprendizagem mais interativo e concreto (VALADARES, 2014).

O terceiro momento pedagógico, correspondente à aplicação do conhecimento, visa à consolidação e à ressignificação dos conceitos estudados. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações se relacionam, de forma não arbitrária, à estrutura cognitiva já existente do aluno. Assim, ao aplicar os conceitos

de referencial e movimento em situações reais por meio da videoanálise, o estudante integra o conhecimento científico à sua experiência cotidiana, desenvolvendo competências críticas e investigativas.

Todavia, a implementação dessa abordagem enfrenta desafios. Maldaner (2000) e Libâneo (2015) observam que, em contextos educacionais de estrutura tradicional, ainda prevalecem metodologias centradas na transmissão do conhecimento, dificultando a adoção de práticas que coloquem o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Ademais, a adaptação da metodologia dos Três Momentos pedagógicos às diversas realidades escolares exige sensibilidade e flexibilidade por parte do docente, especialmente diante de limitações estruturais e tecnológicas.

Apesar dessas dificuldades, a teoria dos Três Momentos Pedagógicos permanece como uma das metodologias mais eficazes para o ensino de Física, pois promove um aprendizado investigativo, reflexivo e contextualizado (DELIZOICOV & ANGOTTI, 1994; FREIRE, 1987). A articulação entre teoria e prática, mediada por tecnologias acessíveis como a videoanálise, possibilita ao estudante compreender não apenas os fenômenos físicos, mas também o papel ativo que desempenha na construção e transformação do conhecimento científico.

Em síntese, ao aplicar os princípios freireanos e os Três Momentos Pedagógicos no estudo de lançamentos de projéteis, busca-se integrar o ensino de Física à realidade dos estudantes, valorizando o questionamento, a investigação e a autonomia intelectual. Como salienta Freire (1996, p. 31), “a educação é um ato de amor, por isso, um ato de coragem”. E é nesse sentido que o ensino mediado pela videoanálise assume um caráter transformador, ao despertar no estudante o prazer de compreender, interpretar e intervir no mundo que o cerca.

4 DINÂMICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE REFERÊNCIA

A compreensão da dinâmica do movimento a partir de diferentes referenciais é fundamental para o ensino e o aprofundamento da Mecânica Clássica. Tal compreensão é essencial não apenas para a resolução de problemas físicos, mas também para uma análise crítica das condições de validade das leis de Newton. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), o estudo dos referenciais é indispensável para compreender que as leis do movimento são formuladas dentro de contextos específicos e que o movimento é sempre relativo a um observador.

Neste capítulo, são explorados os fundamentos matemáticos e físicos dos referenciais inerciais e de forma superficial dos não inerciais, as transformações de velocidade e aceleração e o conceito de forças fictícias, com apoio em ferramentas do cálculo diferencial e integral. De acordo com Tipler e Mosca (2009), compreender essas transformações é essencial para que o estudante desenvolva um raciocínio físico coerente, conectando teoria, modelagem matemática e experimentação.

A Mecânica, ramo da Física que estuda o movimento dos corpos e as causas que o produzem, divide-se tradicionalmente em duas partes: a cinemática, que descreve o movimento sem se preocupar com suas causas, e a dinâmica, que investiga as forças responsáveis pelo movimento (Hewitt, 2011). O presente estudo enfatiza a importância dos referenciais na análise de fenômenos físicos, como o lançamento de projéteis, articulando o conteúdo teórico com a observação empírica mediada pela videoanálise.

Para tal, torna-se imprescindível compreender três grandezas físicas fundamentais: sistema de coordenadas, posição e referencial.

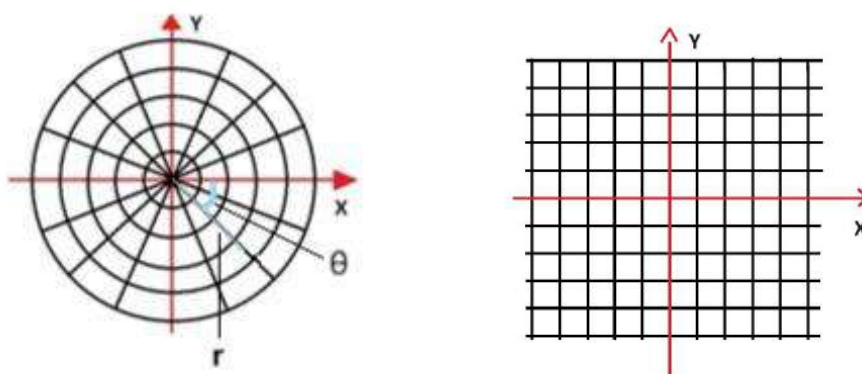
4.1 SISTEMA DE COORDENADAS

Um sistema de coordenadas é uma convenção matemática que permite associar a cada ponto do espaço um conjunto de valores numéricos que definem sua posição. Essa convenção envolve duas informações principais: a origem e o método de quantificação das distâncias em relação a ela. Os sistemas mais utilizados na Física são o Cartesiano e o polar.

De acordo com Santana (2013), o plano cartesiano constitui um dos pilares da Geometria Analítica, sendo formado por dois eixos perpendiculares – o eixo x (horizontal) e o eixo y (vertical) – que se cruzam em um ponto denominado origem. Observe o plano cartesiano na Figura 2 (lado direito). Esse sistema permite representar graficamente o deslocamento, a velocidade e a aceleração dos corpos de forma intuitiva e qualitativa.

Por outro lado, ainda observando a Figura 2 (lado esquerdo), visualizamos o sistema de coordenadas polares que utiliza um par ordenado (r, θ) , no qual r é a distância até a origem (ou polo) e θ é o ângulo medido a partir de um eixo de referência. Esse sistema é particularmente útil para o estudo de movimentos circulares e problemas com simetria radial (Tipler & Mosca, 2009).

Figura 2 - Representação dos sistemas de coordenadas cartesiano (à direita) e polar (à esquerda)



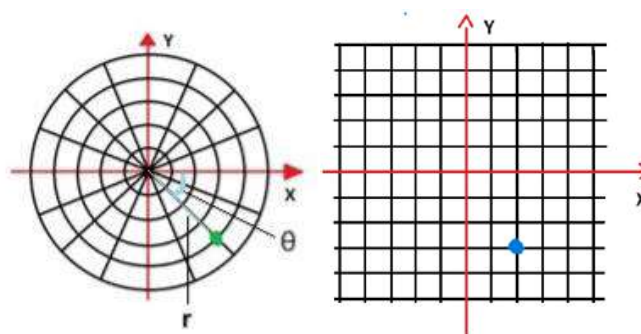
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 POSIÇÃO

A posição corresponde à localização de um corpo no espaço em relação a um sistema de coordenadas. No plano cartesiano, conforme ilustrado na Figura 3 a seguir (lado direito), a posição representada pelo ponto azul é identificada por um par ordenado (x, y) , no qual a coordenada x indica a distância horizontal e a coordenada y representa a distância vertical em relação à origem do sistema de referência. (Gaspar, 2010).

Continuando a observação da Figura 3 (lado esquerdo), o ponto verde no sistema polar, indica a posição dada pela distância r em relação à origem e o ângulo θ . Esse modelo particularmente é vantajoso em situações que envolvem movimento curvilíneos ou rotacionais. Essa multiplicidade de representações contribui para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva do estudante ao interpretar fenômenos físicos a partir de diferentes perspectivas (Pietrocola, 2005).

Figura 3 - Representação da posição no plano cartesiano (à direita) e nas coordenadas polares (à esquerda)



Fonte: elaborada pelo autor.

4.3 REFERENCIAL

Em Física, denomina-se referencial qualquer corpo ou sistema adotado como base para a determinação da posição e do movimento de outros corpos. Assim, todo estudo do movimento depende da escolha de um referencial adequado. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2014), “a descrição do movimento de um corpo só tem significado quando especificada em relação a um referencial escolhido”.

Em termos práticos, o referencial pode ser qualquer elemento do ambiente. Por exemplo, uma pessoa em sua casa pode adotar a parede à sua frente como ponto de referência. Ao medir a distância entre si e a parede, obtém-se um valor que expressa a posição relativa do observador. No entanto, tal medida ainda não define completamente a posição, pois o indivíduo poderia estar em diversos pontos que mantêm a distância verificada da parede — o que evidencia a necessidade de um sistema de coordenadas.

Para descrever de forma completa a posição de um corpo, é comum utilizar o sistema de coordenadas cartesianas, no qual a posição é representada por um par (ou

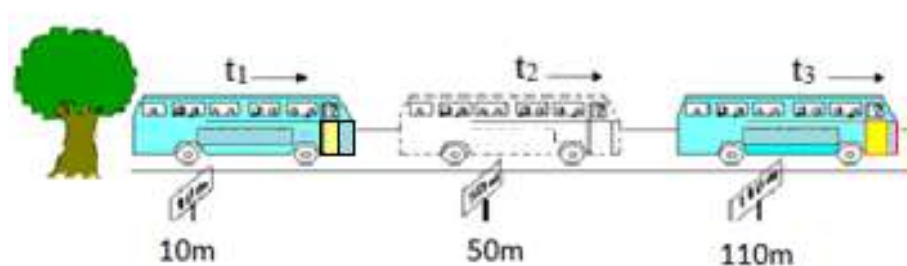
tripla) de valores numéricos correspondentes às projeções nos eixos ortogonais (x , y , z). Segundo Gaspar (2005), o uso de sistemas de coordenadas é fundamental para “transformar a observação qualitativa do movimento em uma descrição quantitativa, possibilitando sua representação gráfica e matemática”.

4.4 MOVIMENTO E REPOUSO

Os conceitos de movimento e repouso são relativos, pois dependem do referencial adotado. Um mesmo corpo pode estar em movimento em relação a um referencial e em repouso em relação a outro. Conforme Tipler e Mosca (2009), “não existe movimento absoluto, mas apenas movimento relativo entre corpos”.

Por exemplo, ao observarmos o ônibus ilustrado na Figura 4 abaixo, em deslocamento horizontal da esquerda para a direita, adotando a árvore próxima como referencial, nota-se que o veículo altera sua posição ao longo do tempo — o que caracteriza o movimento. No instante t_1 , a posição do ônibus é de 10 m; em t_2 , 50 m; e em t_3 , 110 m. Conclui-se, portanto, que o ônibus está em movimento em relação à árvore.

Figura 4 - Representação da situação de um ônibus em movimento em relação a uma árvore



Fonte: elaborada pelo autor.

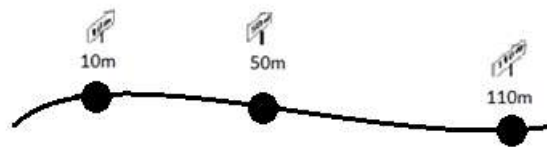
Contudo, para um passageiro sentado dentro do ônibus, observando os colegas à sua frente, todos parecem permanecer na mesma posição. Isso ocorre porque, em relação ao referencial ônibus, as posições relativas entre os passageiros não se modificam. Assim, do ponto de vista desse observador, tanto ele quanto os demais estão em repouso.

Portanto, um corpo está em repouso em relação a um referencial quando sua posição não se altera em determinado intervalo de tempo. Um corpo está em movimento em relação a um referencial quando sua posição varia ao longo do tempo.

4.5 TRAJETÓRIA

O conjunto de todas as posições ocupadas por um corpo em movimento em relação a um determinado referencial é denominado trajetória. Podemos observar este padrão na Figura 5 a seguir. Assim, como o movimento, a trajetória também é um conceito relativo, pois depende do referencial adotado (Chaves & Pietrocola, 2011).

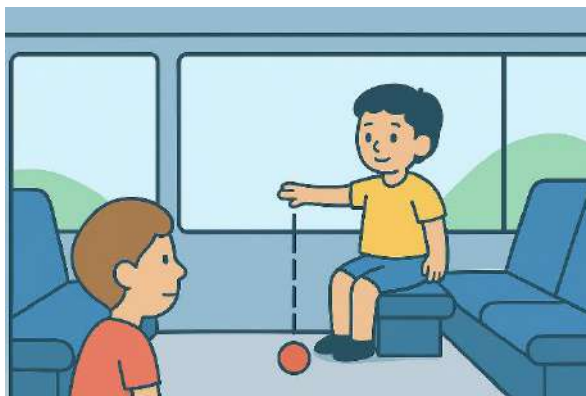
Figura 5 - Representação da trajetória realizada por uma bolinha



Fonte: Elaborada pelo autor.

Considere o exemplo ilustrado na Figura 6, no qual um aluno sentado na última fileira de um ônibus escolar, em movimento com velocidade constante, solta uma bola de tênis a partir de uma determinada altura. Do ponto de vista do aluno, isto é, no referencial do ônibus a bola descreve uma trajetória retilínea vertical, perpendicular ao piso do veículo.

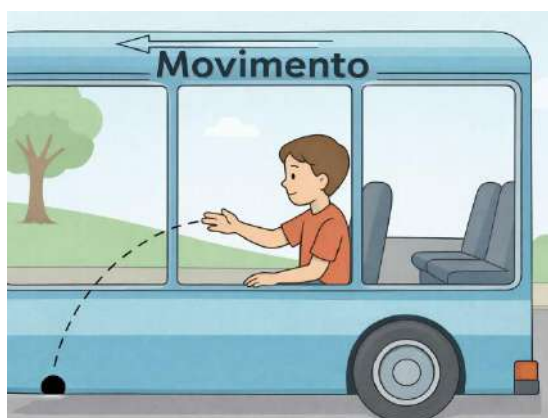
Figura 6 - Representação da trajetória realizada por uma bolinha em queda livre dentro de um ônibus em movimento, perspectiva do referencial dentro do ônibus



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

No entanto, para uma pessoa parada na calçada, estando no referencial Terra, a bola não descreve um movimento retilíneo, mas sim parabólico, como demonstra a Figura 7, pois possui duas componentes de movimento: uma horizontal (velocidade do ônibus) e outra vertical (queda livre). O resultado é um movimento bidimensional, característico de um lançamento oblíquo, conforme descrito por Halliday, Resnick e Walker (2014).

Figura 7 - Representação da trajetória realizada por uma bolinha em queda livre dentro de um ônibus em movimento, perspectiva do referencial fora do ônibus



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

Esse exemplo evidencia o princípio da relatividade do movimento, um dos conceitos centrais da Mecânica Clássica, e reforça a importância pedagógica de atividades que permitam ao estudante perceber o papel do observador na descrição dos fenômenos físicos.

4.6 SISTEMAS DE REFERÊNCIA (SR)

Um sistema de referência (SR) é o conjunto de convenções utilizado para descrever a posição, a velocidade e a aceleração de corpos em movimento. Em termos formais, define-se um SR como um espaço afim tridimensional com um tempo absoluto $t \in \mathbb{R}$. Trata-se, em essência, de um ponto de vista a partir do qual as observações são realizadas. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), as leis da Física são invariantes em sistemas de referência inerciais, mas requerem correções quando aplicadas a sistemas não inerciais.

4.7 REFERENCIAL INERCIAL

Um SR é considerado inercial quando a Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) é válida: um corpo isolado permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme a menos que uma força externa com resultante diferente de zero atue sobre ele.

A Lei da Inércia descreve o comportamento natural dos corpos na ausência de forças externas não equilibradas, constituindo a base da **mecânica clássica** (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Esse princípio pode ser facilmente observado em situações cotidianas. A Figura 8 representa o corpo do passageiro tendendo a permanecer em movimento retilíneo uniforme, ou seja, seguindo a primeira lei de Newton (Inércia), após a desaceleração do ônibus, oriunda da frenagem brusca aplicada pelo condutor.

Figura 8 - Representação da situação em que o ônibus freia bruscamente



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

Outro exemplo da abordagem do conhecimento relacionado a Inércia é quando uma bola que está em repouso, tende a permanecer em repouso a não ser que uma força externa de resultante não nula atue sobre ela, como um empurrão ou chute (ver Figura 9).

Figura 9 - Bola de futebol parada no campo



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

Segundo Tipler e Mosca (2015), esse comportamento ilustra que “a inércia é uma propriedade fundamental da matéria, refletindo a tendência natural de resistir à mudança de seu estado de movimento”. Assim, pode-se afirmar que a compreensão da Primeira Lei de Newton é essencial para a análise de qualquer sistema físico, pois ela fornece a condição necessária para identificar se há ou não desequilíbrio de forças atuando sobre um corpo.

Desse modo, o entendimento do estado de inércia é fundamental não apenas para a introdução ao estudo das demais leis do movimento, mas também para a compreensão de fenômenos mais complexos, como os movimentos relativos entre diferentes referenciais — tema que se articula diretamente com o foco deste trabalho.

A força resultante $\vec{F}_{res}$ pode ser definida, de forma geral, como a taxa de variação do momento linear $\vec{p}$ de um corpo em relação ao tempo t . O momento linear, por sua vez, é dado pelo produto da massa m pela velocidade $\vec{v}$:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

Ao derivar o momento linear em função do tempo, obtemos a expressão geral da força resultante $\vec{F}_{res}$. No caso em que a massa do corpo permanece constante, o termo

referente à variação da massa desaparece, restando apenas a massa multiplicada pela derivada da velocidade.

Como a derivada da velocidade em relação ao tempo é a aceleração $\vec{a}$, chega-se à forma mais conhecida da Segunda Lei de Newton, segundo a qual a força resultante $\vec{F}_{res}$ é igual à massa m do corpo multiplicada por sua aceleração $\vec{a}$:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a} \quad (2)$$

Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 89) afirmam que “a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante que atua sobre ele e inversamente proporcional à sua massa”. Assim, a força resultante também pode ser definida como a derivada temporal do momento linear, expressa por:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (3)$$

Substituindo a Equação (1) na Equação (3) e considerando a massa m constante, temos:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \quad (4)$$

Sendo a aceleração $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, obtemos:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a} \quad (5)$$

Portanto, a Segunda Lei de Newton estabelece uma relação quantitativa entre força resultante $\vec{F}_{res}$ e aceleração $\vec{a}$, sendo um dos princípios fundamentais da dinâmica. De acordo com Tipler e Mosca (2009), essa lei “constitui a base da descrição matemática do movimento, permitindo prever como um corpo responderá quando submetido a forças externas”.

Matematicamente, a relação pode ser expressa em termos da posição $\vec{r}$, considerando que a aceleração é a segunda derivada da posição em relação ao tempo:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a}, \text{ com } \vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (6)$$

4.8 REFERENCIAL NÃO INERCIAL

Em um SR acelerado, as leis de Newton não são diretamente aplicáveis sem a introdução de forças fictícias. A aceleração observada em um referencial não inercial é corrigida pela aceleração do referencial:

$$\vec{a}' = \vec{a} - \vec{a}_R \quad (7)$$

Onde $\vec{a}_R$ é a aceleração do referencial em relação a um inercial.

A análise das transformações entre referenciais evidencia que o movimento é relativo, não absoluto. A introdução de referenciais não inerciais desafia a aplicação direta das leis de Newton, exigindo a concepção de forças fictícias (entidades que não têm origem em interações físicas reais, mas sim na escolha do sistema de referência).

Além disso, para o ensino, essa discussão oferece uma rica oportunidade de tratar com os estudantes a natureza da modelagem física e da idealização (ferramentas centrais da ciência).

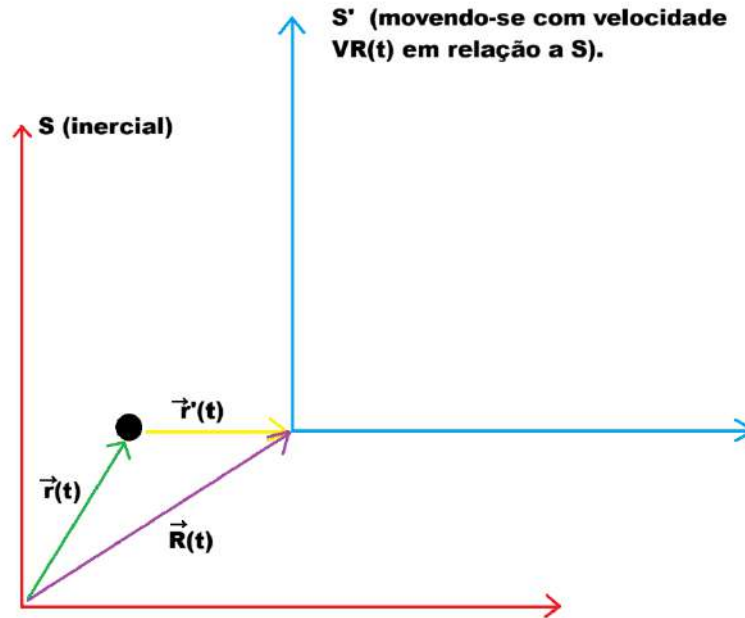
4.9 TRANSFORMAÇÕES ENTRE REFERENCIAIS

Sejam dois referenciais S (inercial) e S' (movendo-se com velocidade $v_R(t)$ em relação a S). A posição de uma partícula em S é dada por:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}'(t) + \vec{R}(t), \quad (8)$$

Onde $\vec{r}(t)$ é a posição absoluta da partícula medida a partir da origem do sistema de coordenadas para o referencial inercial S, $\vec{r}'(t)$ posição da partícula medida a partir da origem do sistema de coordenadas para o referencial S' e $\vec{R}(t)$ é a posição da origem do sistema de coordenadas do referencial S' em relação à origem do sistema de coordenadas de S. Ver Figura 10.

Figura 10 - Posição da origem do sistema de coordenadas S' em relação à origem do sistema de coordenadas S e as posições da 'partícula em relação as origens dos sistemas de coordenadas S e S'



Fonte: Elaborada pelo autor.

Derivando a posição em relação ao tempo, obtemos a velocidade relativa:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}' + \vec{v}_R, \quad (9)$$

$\vec{v}$ é a velocidade da partícula no referencial S, $\vec{v}'$ velocidade da partícula observada no referencial S' e $\vec{v}_R$ velocidade da origem do referencial S' em relação a S.

Sendo $\vec{v}_R = \frac{d\vec{R}}{dt}$, e derivando a velocidade em relação ao tempo, obtemos aceleração relativa:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}' + \vec{a}_R. \quad (10)$$

No qual $\vec{a}$ é a aceleração da partícula no referencial inercial S , $\vec{a}'$ aceleração da partícula medida no referencial S' e $\vec{a}_R$ aceleração da origem do referencial S' em relação a S , onde $\vec{a}_R = \frac{d\vec{v}_R}{dt}$ ou $\vec{a}_R = \frac{d^2\vec{R}}{dt^2}$.

Se o referencial S' for acelerado, ele deixa de ser inercial. Nesse caso, a Segunda Lei de Newton não se aplica diretamente em sua forma usual. Para que a equação fundamental da dinâmica seja válida em S' , é necessário introduzir uma força adicional, denominada Força fictícia de translação. Partindo da Segunda Lei no referencial inercial S :

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a}' = \vec{F}_{ext} - m\vec{a}_R, \quad (11)$$

$\vec{F}_{res}$ é a Força resultante observada no referencial não inercial S' , $\vec{F}_{ext}$ é a soma das Forças reais (gravitacional, elétrica, contato etc.) e essa $-m\vec{a}_R$ é chamada de Força fictícia de translação.

4.10 FORÇAS FICTÍCIAS EM REFERENCIAIS NÃO INERCIAIS

A formulação clássica da dinâmica newtoniana está intrinsecamente associada ao conceito de referencial inercial, no qual as leis de Newton assumem sua forma mais simples e universal. Entretanto, na prática experimental e na descrição de fenômenos físicos cotidianos, é frequente a adoção de referenciais acelerados, como aqueles associados à superfície da Terra. Nesses casos, torna-se necessário introduzir forças adicionais, denominadas Forças fictícias ou Forças de inércia, de modo a preservar a forma matemática das leis de Newton.

Em referenciais não inerciais rotacionais, surgem novas forças fictícias associadas à rotação angular $\vec{\omega}$: Força de Coriolis $\vec{F}_{cor}$ e Força Centrífuga $\vec{F}_{cf}$.

A Força de Coriolis $\vec{F}_{cor}$ atua sobre partículas que se movem em relação ao referencial girante e é dada por:

$$\vec{F}_{cor} = -2m(\vec{\omega} \times \vec{v}'), \quad (12)$$

onde $\vec{v}'$ é a velocidade da partícula medida no referencial em rotação. De acordo com Nussenzveig (2002), essa força desempenha papel fundamental na descrição de fenômenos geofísicos, como a deflexão de ventos e correntes marítimas, sendo essencial para a compreensão da dinâmica atmosférica e oceânica. A Força Centrífuga $\vec{F}_{cf}$ aparece mesmo quando a partícula está em repouso em relação ao referencial em rotação. Sua expressão é:

$$\vec{F}_{cf} = -m\vec{\omega}(\vec{\omega} \times \vec{r}'), \quad (13)$$

onde $\vec{r}'$ é o vetor posição da partícula em relação ao eixo de rotação. Essa força é responsável, por exemplo, pela forma aproximadamente achatada da Terra e pela necessidade de considerar correções no peso aparente em diferentes latitudes. O termo completo da aceleração em um referencial rotativo é dado por:

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{a}_R + 2\vec{\omega} \times \vec{v}' + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}') + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r}', \quad (14)$$

onde cada termo representa uma contribuição física distinta.

4.11 APLICAÇÕES E ANÁLISE COM INTEGRAIS

O uso de referenciais não inerciais e o conceito de velocidade relativa são excelentes pontos de partida para discutir com os estudantes a distinção entre descrição e explicação física. É especialmente produtivo trabalhar com situações como o movimento em carrosséis, o uso de GPS (com efeitos relativísticos) e o lançamento de projéteis a partir de plataformas móveis.

Além disso, ao introduzir o cálculo diferencial e integral para descrever e compreender a dinâmica em diferentes referenciais, estabelece-se uma ponte com a disciplina matemática e aprofunda-se a compreensão do estudante sobre o papel da modelagem matemática na Física.

Considere uma partícula submetida a uma força constante em um referencial inercial:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \text{constante} \quad (15)$$

Integrando a aceleração:

$$\vec{v}(t) = \int \vec{a} dt = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (16)$$

$$\vec{r}(t) = \int \vec{v}(t) dt = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2 \quad (17)$$

Agora considere a mesma partícula observada de um referencial que acelera com $\vec{a}_R$. A equação do movimento em S' será:

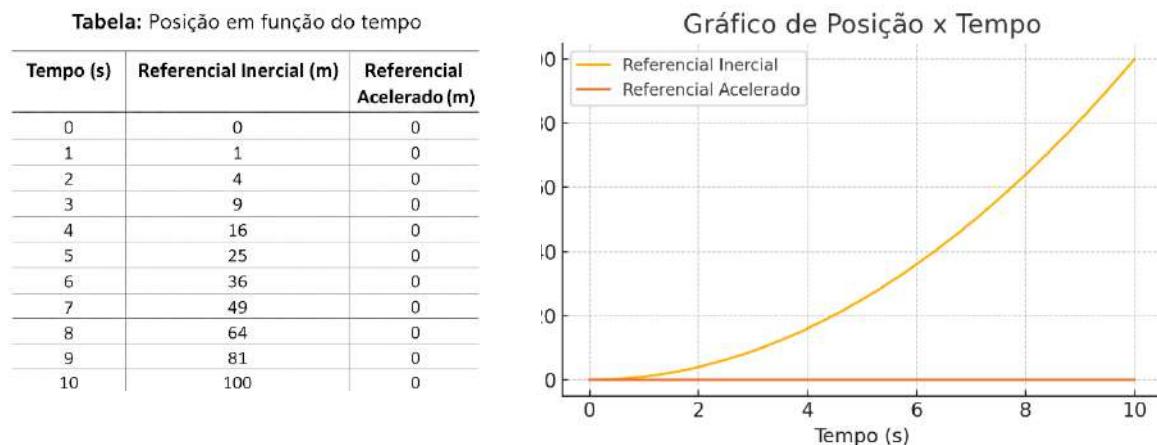
$$m\vec{a}' = \vec{F} - m\vec{a}_R \quad (18)$$

Se $\vec{a}_R = \vec{a}$, então $\vec{a}' = 0$, e a partícula parecerá em repouso em S' . Isso mostra como a mudança de referencial pode alterar a percepção da dinâmica.

4.12 GRÁFICO: POSIÇÃO X TEMPO EM DIFERENTES REFERENCIAIS

A Figura 11 apresenta a tabela e o gráfico de posição em função do tempo, comparando a descrição do movimento de uma partícula em dois tipos distintos de referenciais: um referencial inercial e um referencial acelerado, contendo mesma aceleração da partícula. No eixo horizontal é representado o tempo, enquanto no eixo vertical está indicada a posição do móvel ao longo de uma trajetória unidimensional.

Figura 11 - Comparação da posição de uma partícula em referenciais inercial e acelerado



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

Observa-se que, no referencial inercial, a posição do corpo cresce de forma não linear com o tempo, caracterizando um movimento uniformemente acelerado, no qual a

aceleração é constante e diferente de zero. Essa curvatura parabólica do gráfico é consistente com a Segunda Lei de Newton aplicada em um sistema inercial, no qual a aceleração do corpo resulta exclusivamente da ação de forças reais.

Em contraste, no referencial acelerado, a posição do corpo permanece constante ao longo do tempo, indicando que, para um observador solidário a esse referencial, o corpo encontra-se em repouso. Essa discrepância entre as descrições evidencia que o movimento não é uma propriedade absoluta, mas depende do sistema de referência adotado. Para que as leis de Newton mantenham sua forma nesse referencial não inercial, torna-se necessária a introdução de uma força fictícia, responsável por compensar a aceleração do referencial e explicar a ausência de movimento relativo observada.

4.13 ESTUDO DE CASO: LANÇAMENTO DE UMA BOLA A PARTIR DE UM VEÍCULO EM MOVIMENTO

Melhorando a compreensão das transformações entre referenciais, imagine o lançamento de uma bola a partir da carroceria de um veículo que se desloca em movimento retilíneo e uniforme com velocidade constante de 20 km/h, o que corresponde aproximadamente a 5,56 m/s em relação ao solo. Nesse contexto, despreza-se a resistência do ar, de modo que a única força atuando sobre a bola após o lançamento é a força gravitacional.

Esse exemplo permite analisar o fenômeno de forma mais clara, isolando os efeitos puramente cinemáticos associados à mudança de referencial. A situação envolve, portanto, dois referenciais principais: o referencial do solo, considerado inercial, e o referencial do veículo, que também pode ser tratado como inercial, uma vez que se move com velocidade constante em relação ao solo.

Do ponto de vista de um observador situado sobre o veículo, a bola pode ser lançada verticalmente para cima, sem componente horizontal inicial. Nesse referencial, a bola sobe e desce ao longo de uma linha reta vertical, retornando ao ponto de lançamento após certo intervalo de tempo, obedecendo às equações do movimento uniformemente variado sob a ação da gravidade.

Já para um observador em repouso em relação ao solo, a mesma bola apresenta simultaneamente uma componente horizontal de velocidade igual à velocidade do veículo no instante do lançamento e uma componente vertical associada ao lançamento.

Como resultado, a trajetória observada a partir do solo é parabólica, característica do movimento de um projétil. Apesar das trajetórias serem distintas para cada observador, ambos concordam quanto ao tempo total de voo da bola e à aceleração gravitacional, evidenciando que as leis da Mecânica são as mesmas em todos os referenciais inerciais, conforme estabelece o princípio da relatividade.

Além do observador no solo e do observador situado no veículo que realiza o lançamento, pode-se introduzir o ponto de vista de um terceiro observador, localizado em um segundo veículo que também se move em movimento retilíneo e uniforme com velocidade de 20 km/h, porém no sentido contrário ao do primeiro veículo. Assim como nos casos anteriores, esse segundo veículo pode ser tratado como um referencial inercial, uma vez que sua velocidade é constante e não há aceleração envolvida.

Para esse observador, a descrição do movimento da bola apresenta características distintas. No instante do lançamento, a bola possui, em relação ao solo, uma velocidade horizontal igual à do primeiro veículo (5,56 m/s). Entretanto, como o segundo veículo se desloca com a mesma velocidade, mas em sentido oposto, a velocidade horizontal da bola em relação a esse novo referencial passa a ser a soma das velocidades relativas, resultando em um valor de aproximadamente 11,12 m/s.

Consequentemente, o observador no segundo veículo percebe a bola como sendo lançada obliquamente para frente, descrevendo uma trajetória parabólica mais “alongada” no sentido horizontal quando comparada àquela observada a partir do solo.

Então, apesar dessa diferença na velocidade horizontal e na forma como a trajetória é visualizada, esse observador também verifica que a aceleração da bola é exclusivamente a aceleração da gravidade e que o tempo total de subida e descida permanece o mesmo, reforçando novamente a ideia central de que as leis da Mecânica Clássica são invariantes em todos os referenciais inerciais, independentemente do estado de movimento uniforme de cada observador.

4.14 OBSERVADOR EM UM REFERENCIAL PARADO EM RELAÇÃO AO SOLO

Neste caso, o observador está em um referencial inercial. Suponha que a bola seja lançada verticalmente para cima com velocidade inicial v_0 em relação ao veículo como demonstra a Figura 12. Para o observador em repouso no solo, a bola possui não apenas o componente vertical da velocidade, mas também uma velocidade horizontal inicial igual à do veículo (5,56 m/s). Assim, sua trajetória será uma parábola.

Figura 12 - Trajetória parabólica da bola lançada verticalmente a partir de um veículo em movimento retilíneo e uniforme, conforme observada no referencial do solo



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

A equação paramétrica do movimento observado no solo pode ser escrita como:

$$x(t) = v_c t, \quad (19)$$

$$y(t) = v_0 t \pm \frac{1}{2} g t^2 \quad (20)$$

Essa trajetória evidencia a composição de movimentos: um movimento uniforme no eixo x e um movimento uniformemente retardado no eixo y. A trajetória resultante é uma parábola, pois existe deslocamento horizontal constante e movimento uniformemente retardado no eixo vertical. Esse observador verá a bola acompanhando o

movimento do carro na horizontal, ao mesmo tempo em que sobe e desce pela ação da gravidade.

4.15 OBSERVADOR EM UM REFERENCIAL SOLIDÁRIO AO VEÍCULO

Este observador está em repouso em relação ao veículo — um referencial não inercial se houver aceleração do veículo, mas que pode ser considerado inercial no caso de movimento uniforme. Para esse observador, a bola sobe e desce verticalmente, conforme mostra a Figura 13, pois não há percepção da velocidade horizontal do veículo. A equação do movimento observada é:

$$x'(t) = 0, \quad (21)$$

$$y'(t) = v_0 t \pm \frac{1}{2} g t^2. \quad (22)$$

Essa descrição mostra a importância do referencial na análise do fenômeno. Embora a física envolvida (forças e acelerações reais) seja a mesma, a descrição da trajetória é totalmente distinta.

Figura 13 - Trajetória retilínea da bola lançada verticalmente a partir de um veículo em movimento retilíneo e uniforme, conforme observada no referencial do veículo 1



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

4.16 OBSERVADOR EM UM VEÍCULO COM MESMA VELOCIDADE, SENTIDO CONTRÁRIO

Suponhamos agora que um terceiro observador esteja em um veículo movendo-se em sentido oposto ao veículo lançador, também a 20 km/h. Ver Figura 14. Para ele, a velocidade relativa entre os dois veículos é de 40 km/h (aproximadamente 11,11 m/s). Se a bola é lançada verticalmente para cima em relação ao veículo lançador, então, do ponto de vista desse novo observador, a bola tem uma velocidade horizontal de 11,11 m/s no sentido do primeiro veículo.

Figura 14 - Trajetória parabólica da bola lançada verticalmente a partir de um veículo em movimento retilíneo e uniforme, conforme observada no referencial do veículo 2



Fonte: Elaboração própria, gerada com auxílio de inteligência artificial por meio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), a partir de comandos do autor (2026).

A trajetória da bola também será parabólica, porém mais inclinada e com maior alcance horizontal, tendo em vista que a Velocidade relativa v_{rel} entre os veículos é o dobro da velocidade medida pelo primeiro observador $v_{rel} = 2v_c$. O movimento descrito é:

$$x''(t) = v_{rel}t, \quad (23)$$

$$y''(t) = v_0 t \pm \frac{1}{2} g t^2. \quad (24)$$

Este exemplo reforça que a velocidade observada e a forma da trajetória são relativas ao referencial adotado, e que a transformação adequada deve ser feita com base nas leis da cinemática vetorial.

Dessa forma, uma mesma situação física – o lançamento vertical de uma bola – pode ser descrita com três trajetórias distintas, dependendo do sistema de referência do observador. Esta análise é central no ensino da cinemática e permite trabalhar com os conceitos de velocidade relativa, composição de movimentos e transformação de coordenadas com forte embasamento conceitual e matemático.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido consiste em uma unidade didática cujo objetivo central é investigar a potencialidade do uso da vídeoanálise no estudo dos conceitos de movimentos com base no referencial adotado. Esse objetivo busca reforçar o processo de ensino e aprendizagem ao possibilitar a realização de atividades experimentais mais ricas, com menor demanda de equipamentos e infraestrutura em comparação a períodos anteriores.

Neste capítulo, apresenta-se a unidade didática intitulada Vídeoanálise de Movimentos de Projéteis: uma unidade didática para o ensino do conceito de referencial no ensino médio, composta pelos vídeos produzidos e pela proposta de sequência didática adotada para a realização das aulas. Nessas aulas, os vídeos foram utilizados com o objetivo de promover a compreensão do conceito de referencial por meio do estudo do lançamento de projéteis.

Conforme destacam Brown e Cox (2009), os softwares de vídeoanálise, como o Tracker, permitem que estudantes e professores explorem fenômenos físicos reais a partir de gravações em vídeo, proporcionando uma aprendizagem baseada em observação, na experimentação e na análise quantitativa dos movimentos. Essa ferramenta amplia o alcance da experimentação em sala de aula, favorecendo uma abordagem investigativa e acessível, em consonância com os princípios da aprendizagem ativa (Mazur, 2015).

Embora o presente trabalho descreva detalhadamente a execução das experiências filmadas, é importante ressaltar que os professores não são obrigados a reproduzi-las integralmente, podendo adaptá-las ou desenvolver novas experiências de acordo com suas condições e contextos educacionais. Essa flexibilidade reforça a autonomia docente e o caráter formativo do produto, permitindo a personalização das práticas pedagógicas.

Autores como Feynman (2006), Brown e Kassing (2004) e Knight (2013) reconhecem que o uso de recursos tecnológicos no ensino de Física potencializa a compreensão conceitual dos fenômenos, pois aproxima o estudante de situações reais de movimento e interação de forças, tornando o processo de ensino e aprendizagem interativos. Ao integrar essas ferramentas digitais à prática pedagógica, o professor

transcende o ensino meramente teórico, promovendo um ambiente de aprendizagem investigativo e colaborativo.

A aplicação desta unidade didática visa estimular a participação ativa dos estudantes, ampliando sua interação com o conteúdo e otimizando o aproveitamento do tempo de estudo. A metodologia adotada, baseada na utilização de softwares de vídeoanálise, possibilita que os alunos visualizem, coletem e interpretem dados reais de movimentos de projéteis observados sob diferentes referenciais, permitindo-lhes compreender, de forma mais concreta, as variações na percepção do movimento conforme o ponto de observação (referencial).

Conforme aponta Menezes (2021), a utilização de recursos tecnológicos no ensino de Física favorece a transposição dos conceitos abstratos para situações reais, estimulando o pensamento crítico e a construção de significados a partir da observação empírica. Dessa forma, a abordagem proposta neste produto educacional transcende o uso de exemplos puramente mentais, proporcionando uma experiência concreta, visual e experimental.

A sequência didática foi desenvolvida por meio da apresentação dos vídeos previamente elaborados, bem como da realização de atividades práticas orientadas, nas quais os estudantes utilizam o software de vídeoanálise para analisar movimentos reais. Essas atividades incluem experimentos que ilustram a experiência do trem de Galileu, adaptada ao contexto escolar e desenvolvida em ambiente externo. Nessas situações, os alunos constroem gráficos, interpretam dados e refletem sobre os efeitos do referencial na descrição dos movimentos, promovendo uma aprendizagem que integra teoria, prática e tecnologia.

Este produto educacional destina-se a estudantes do ensino médio, particularmente àqueles que estão iniciando seus estudos em mecânica clássica. Considerando as especificidades dessa etapa de formação — em que os conceitos físicos ainda estão em consolidação —, o uso de ferramentas tecnológicas, aliado à abordagem visual e experimental proporcionada pela vídeoanálise, facilita a compreensão de conceitos abstratos, promovendo uma aprendizagem mais significativa, dinâmica e envolvente (Knight, 2013; Mazur, 2015).

Portanto, ao trazer situações reais para a sala de aula, o presente produto educacional busca aproximar o estudante da realidade física observável, utilizando a experiência do trem de Galileu como exemplo emblemático para o estudo de movimentos relativos e diferentes referenciais, conforme será descrito no próximo tópico.

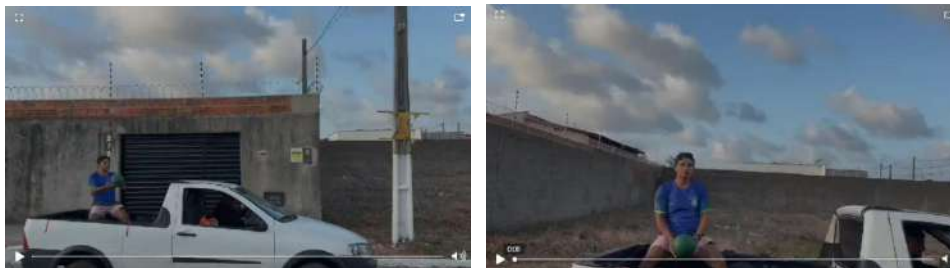
5.1 UNIDADE DIDÁTICA - VÍDEOS

Os Vídeos foram elaborados com o objetivo de demonstrar uma aplicação concreta dos conhecimentos físicos na análise de uma situação real, na qual houve participação ativa dos autores. Tal abordagem fundamenta-se na Teoria dos Três Momentos Pedagógicos, proposta por Delizoicov, evidenciando o primeiro momento — a problematização inicial —, com o intuito de estimular os estudantes a produzirem seus próprios vídeos e, assim, desenvolverem o segundo momento da teoria, visando alcançar de forma efetiva, o terceiro momento — a aplicação do conhecimento.

A produção dos vídeos ocorreu em via pública, com o uso de veículos reais e a participação de colaboradores que se dispuseram a contribuir com a atividade. Foram necessárias diversas tentativas, com o objetivo de minimizar a influência de fatores físicos presentes em situações reais, os quais impedem a reprodução de um lançamento de projétil em condições ideais, isto é, sem a interferência da resistência do ar e em movimento perfeitamente uniforme.

Na etapa de problematização inicial, foram apresentados vídeos elaborados especificamente para este estudo (ver Figura 15), nos quais se recria uma situação análoga à experiência do trem de Galileu. Essa etapa tem como objetivo despertar a curiosidade e estimular a reflexão sobre o conceito de referencial, conforme defendem Freire (1987) e Delizoicov (1991), para os quais a aprendizagem deve partir da realidade vivida pelo estudante e das questões que emergem de sua experiência cotidiana.

Figura 15 - Capturas de telas do vídeo 01 – visão do referencial parado em relação ao solo (a esquerda), e do vídeo 02 – Visão do referencial parado em relação ao veículo onde ocorre o lançamento (a direita)



Fonte: Acervo do autor.

A organização do conhecimento deu-se por meio da sistematização dos conceitos científicos necessários à compreensão do problema proposto. Por meio da exibição dos vídeos sob diferentes perspectivas, buscou-se evidenciar a importância de considerar a posição do observador na descrição dos movimentos.

No vídeo 02, apresenta-se o ponto de vista de um observador em repouso no interior do veículo em movimento, enquanto o vídeo 01 retrata a perspectiva de um observador fixo no solo. O objetivo consiste em comparar as trajetórias observadas, destacando as diferenças em função do referencial adotado, bem como identificar os aspectos invariantes e aqueles que se modificam conforme a situação analisada.

Para isso, foi utilizado um software de videoanálise capaz de gerar trajetórias ponto a ponto, representando o movimento vertical do projétil conforme observado do interior do veículo e o movimento parabólico percebido por um observador externo, em repouso no solo. A situação foi controlada de modo que o veículo se deslocasse com velocidade aproximadamente constante de 10 km/h, com o intuito de minimizar os efeitos da resistência do ar.

5.2 MATERIAIS UTILIZADOS

A tabela 2 a seguir indica os materiais, as ferramentas e as pessoas envolvidas na elaboração do experimento a ser registrado no vídeo. Ressalta-se que essa lista pode sofrer variações conforme os objetivos da análise do lançamento do projétil.

Tabela 2 - Lista dos materiais, ferramentas e pessoas para elaboração do vídeo

Quantidade	Materiais/pessoas	Descrição	Melhorias na organização e execução
01	Bola de basquete	Com massa de 476 g e de cor que venha a se destacar com facilidade na filmagem.	Substituída por uma de Medicine Ball com 2 kg de massa.
01	Vara de cano	Cano de 40 mm e 6,0 m de comprimento.	Substituída por marcações feitas na própria lateral do carro.
01	Fita isolante	Na cor vermelha para ser possível verificar as marcações feitas a cada um metro de distância no cano.	Utilizada para realizar as marcações diretamente na lateral do carro
10	Pedaços de pano de limpeza Multiuso	Retângulos de dimensões 30 x 40 centímetros utilizados na fixação do cano na lateral do carro.	Desnecessário após a retirada da vara de cano
01	Pacote de presilhas de nylon (popular enforca gato)	Abraçadeiras lacre de Nylon com 30 cm de tamanho para fixar o cano na lateral do carro.	Desnecessário após a retirada da vara de cano
01	Nível de mão	Utilizado para nivelar o cano.	Utilizado para auxiliar na fixação das marcações com a

			fita isolante na lateral do carro.
01	Fita métrica ou trena	Trena de 10 m, utilizada para medir as distancias de marcação a ser feita no cano.	Utilizada para medir as marcações feitas na lateral do carro.
01	Carro com carroceria picape Fiat Strada	A marca e modelo não são exigências necessárias, o importante é ser uma picape, para possibilitar o lançamento da bola acontecer sobre ela.	Mantivemos o veículo.
01	Carro passageiro Volkswagen Voyage	A marca e modelo não são exigências necessárias, o importante era ter um segundo veículo para realizar a experiencia.	Substituímos por uma moto, que possibilitava com melhor segurança e qualidade capturar a imagem.
03	Aparelhos celulares	De qualquer marca e modelo desde que tenha qualidade de gravação compatível com a mínima exigida pelo Software Tracker: Mínimo funcional: 640 × 480 pixels (VGA) e o recomendado: 1280 × 720 pixels (HD)	Continuamos com os mesmos aparelhos

10	Cones de sinalização	Cones padrões utilizados para sinalização das vias.	Continuamos com a mesma quantidade.
02	Triângulos de sinalização	Triângulos padrões existentes nos veículos e utilizados para sinalização das vias em casos de necessidade.	Desnecessário para realização no segundo local escolhido para realizar a experiência.
08	Pessoas	02 motoristas, 03 cinegrafistas, 02 controladores de tráfego e 01 arremessador	Um dos motoristas passou a ser o condutor da moto.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3 REALIZAÇÃO DA EXPERIENCIA PARA ELABORAÇÃO DOS VÍDEOS

1ª PARTE – Organização do veículo utilizado para base do lançamento.

Inicialmente, foi preparada a vara de cano que serviria como referência de medida no vídeo. Com o auxílio de uma trena e fita isolante, realizaram-se as marcações necessárias. A vara, com 6 m de comprimento, foi dividida em seis partes iguais de 1 m cada, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Vara de cano com as marcações feitas



Fonte: Acervo do autor.

Para a realização dos experimentos, a picape foi estacionada em um local com piso nivelado, o que facilitou a fixação do cano em sua lateral (ver Figura 17).

Figura 17 - Carro estacionado em local nivelado



Fonte: Acervo do autor.

Com o auxílio de um nível de mão, o cano foi ajustado de modo a permanecer alinhado horizontalmente. A fixação foi realizada por meio de presilhas de nylon,

utilizando-se pedaços de pano multiuso como material isolante entre o cano e a lataria do veículo. Essa medida teve como objetivo evitar o contato direto entre as superfícies, reduzindo o atrito e prevenindo possíveis danos à pintura (Ver Figura 18).

Figura 18 - Colocação dos tecidos e verificação do nivelamento do cano



Fonte: Acervo do autor.

Após as verificações de alinhamento e fixação, obteve-se a configuração apresentada na Figura 19.

Figura 19 - Carro preparado como base de lançamento



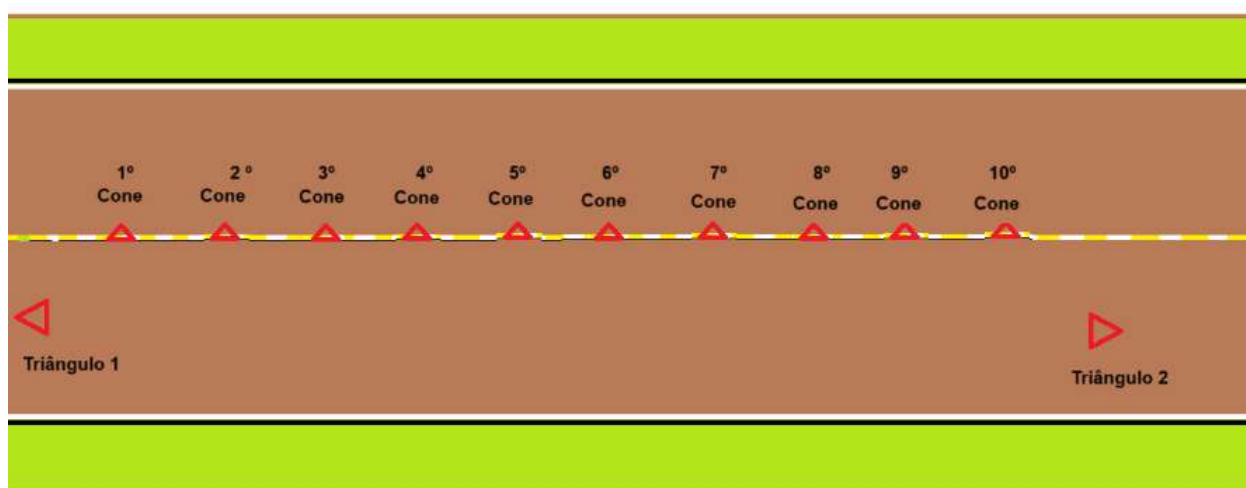
Fonte: Acervo do autor.

2ª PARTE – Organização do local de gravação.

A gravação foi realizada na rodovia RN-307, que liga os municípios de Extremoz e Ceará-Mirim, no estado do Rio Grande do Norte. O local foi escolhido por apresentar superfície relativamente plana e baixo fluxo de veículos.

Para garantir a segurança durante as gravações, foram distribuídos cones de sinalização na faixa central da pista, isolando uma das mãos de direção em um trecho de aproximadamente 55 m, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 - Representação do isolamento da parte da pista a ser usada



Fonte: elaborada pelo autor.

Em cada extremidade do trecho isolado, foi posicionada uma pessoa responsável pelo controle do sistema de “siga e pare”. A equipe contou com a colaboração de familiares e amigos (ver Figura 21).

Figura 21 - Equipe e veículos utilizados



Fonte: Acervo do autor.

Após a organização, os veículos e participantes foram posicionados para o início da experiência (Figura 22).

Figura 22 - Veículos posicionados para o início da experiência



Fonte: Acervo do autor.

Apesar da escolha da RN-307 em função do baixo fluxo, no momento da gravação — realizada em um domingo à tarde — observou-se um tráfego maior do que o esperado, o que exigiu ajustes durante a execução do experimento.

Nas primeiras tentativas, buscou-se realizar o cruzamento dos veículos utilizando apenas uma faixa da via. Foram obtidos resultados satisfatórios para os vídeos referentes aos observadores em repouso em relação ao solo e ao observador no interior do veículo lançador. Entretanto, o registro referente ao observador em outro veículo apresentou problemas de enquadramento.

Após análise das imagens ainda no local, concluiu-se que a proximidade entre os veículos dificultava o registro adequado. Assim, optou-se por utilizar ambas as faixas da via, aumentando a distância entre os veículos durante o cruzamento (Figura 23).

Figura 23 - Veículos posicionados para iniciar uma nova tentativa



Fonte: Acervo do autor.

Mesmo com essa adaptação, persistiram dificuldades relacionadas à nitidez da bola durante o movimento. Novas tentativas foram realizadas (Figura 24).

Figura 24 - Registro do início de mais uma das várias tentativas realizadas



Fonte: Acervo do autor.

Posteriormente, verificou-se que a velocidade adotada (20 km/h), embora baixa, poderia estar interferindo na qualidade da captura das imagens. Assim, os motoristas foram orientados a manter velocidade constante de aproximadamente 10 km/h. Após novas tentativas, obteve-se um vídeo satisfatório (Figura 25).

Figura 25 - Registro do momento em que o sinal para início de uma das tentativas é dado

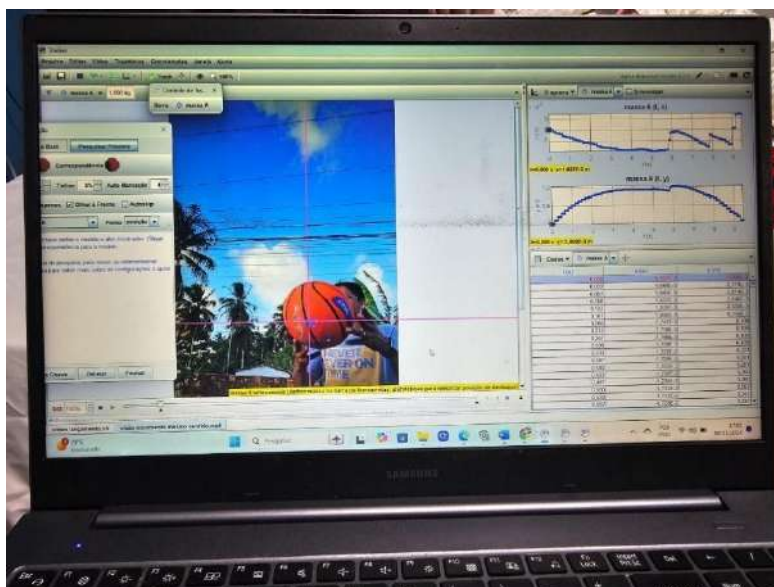


Fonte: Acervo do autor.

3ª PARTE – Utilização do software tracker para analisar os vídeos.

Após a obtenção dos vídeos, procedeu-se à análise por meio do software Tracker. Inicialmente, os resultados obtidos foram insatisfatórios, especialmente na geração de gráficos (Figura 26).

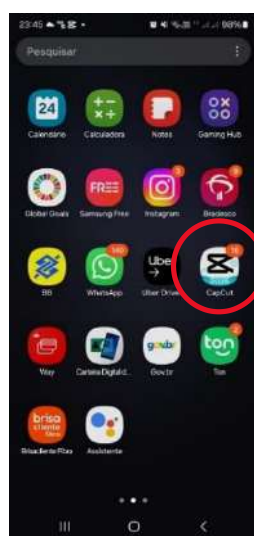
Figura 26 - Analisando os vídeos com Tracker



Fonte: Acervo do autor.

Para melhorar a qualidade da análise, utilizou-se o editor de vídeos CapCut, reduzindo a velocidade dos quadros em até dez vezes, por meio do efeito de câmera lenta (Figura 27).

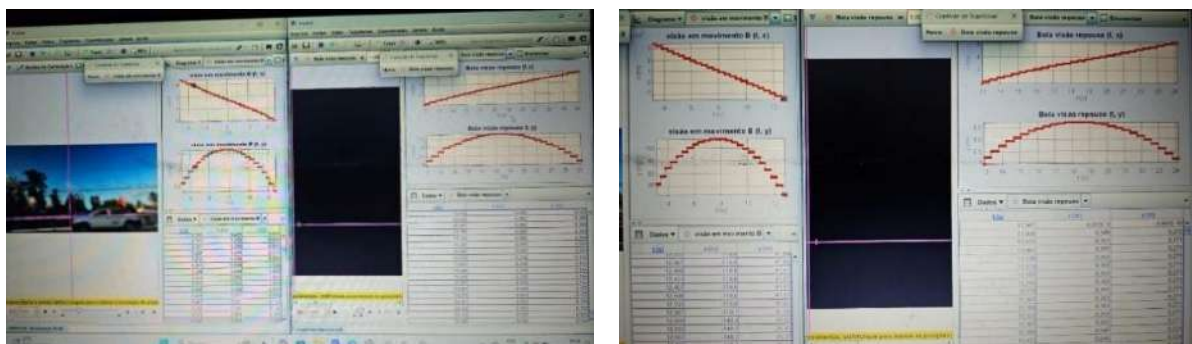
Figura 27 - Destaque da imagem representativa do editor de vídeos CapCut



Fonte: Acervo do autor.

Com essa adaptação, foi possível gerar gráficos representativos do movimento nas direções horizontal e vertical. No entanto, persistiram dificuldades na análise do referencial interno ao veículo lançador (Figura 28).

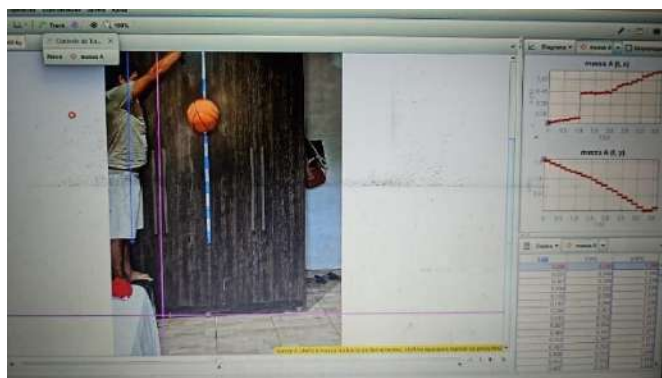
Figura 28 - Gráficos gerados no Software Tracker



Fonte: Acervo do autor.

Diante disso, investigaram-se possíveis causas para as inconsistências observadas. Inicialmente, considerou-se a influência da proximidade da câmera em relação ao fenômeno. Foram realizados testes adicionais, incluindo lançamentos verticais em repouso e análise de queda livre, porém os problemas persistiram (Figura 29).

Figura 29 - Imagem da tela do computador rodando o Software Tracker coletando os dados gerados pela queda “livre” da bola de basquete no vídeo



Fonte: Acervo do autor.

Também se avaliou a possibilidade de interferência das variações de cor da bola na leitura do movimento pelo software. Para minimizar esse efeito, a bola foi pintada, mas não se obtiveram melhorias significativas.

Após discussão com o orientador, concluiu-se que a bola apresentava um movimento mais complexo do que o desejado, incluindo rotação em torno do próprio eixo. Assim, buscou-se utilizar uma bola com maior massa.

Após tentativas em academias e lojas, obteve-se uma bola medicinal (medicine ball) de 2 kg, com auxílio de um colaborador (Figura 30). Testes preliminares indicaram resultados satisfatórios.

Figura 30 - Lado esquerdo da imagem: o amigo Tobias me entregando a bola. Lado direito: a bola (medicine ball)



Fonte: Acervo do autor.

4ª PARTE – Produção definitiva dos vídeos.

Com base nas experiências anteriores, optou-se pela substituição do segundo veículo por uma motocicleta, o que proporcionou maior segurança e melhor qualidade nas gravações.

Além disso, foi incorporada uma segunda motocicleta deslocando-se ao lado do veículo lançador, com mesma velocidade e direção, permitindo melhor enquadramento das imagens.

A configuração final do experimento passou a contar com duas motocicletas e uma picape, conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31 - Veículos utilizados na produção dos vídeos alinhados no início da Rua Ana Xavier



Fonte: Acervo do autor.

Devido às dificuldades encontradas na rodovia RN-307, optou-se pela realização das gravações em um novo local, com menor fluxo de veículos: a Rua Ana Xavier, no bairro Moinho dos Ventos. Nesse local, foi possível realizar o bloqueio temporário da via, garantindo melhores condições de segurança e execução (Figura 32).

Figura 32 - Bloqueio do início da Rua Ana Xavier imagem a esquerda; verificação do enquadramento para o referencial parado em relação ao solo imagem central e foto da bola utilizada imagem a direita



Fonte: Acervo do autor.

Por se tratar de uma atividade ao ar livre, a influência da resistência do ar e fatores humanos — como variações no momento do lançamento — mostrou-se inevitável. Essas limitações exigiram a repetição de diversas tentativas até a obtenção de resultados adequados (Figura 33).

Figura 33 – Registro dos bastidores da gravação dos vídeos: imagem a esquerda carro lançador e veículo em sentido contrário. Lado direito: momento de saída do veículo lançador



Fonte: Acervo do autor.

6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O objetivo deste capítulo é apresentar e contextualizar a aplicação do produto educacional desenvolvido no âmbito desta pesquisa, evidenciando sua inserção no ambiente escolar e sua relevância para o processo de ensino e aprendizagem. A aplicação do produto constitui uma etapa fundamental do trabalho, pois possibilita a articulação entre os pressupostos teóricos discutidos nos capítulos anteriores e a prática pedagógica efetivamente realizada em sala de aula.

Inicialmente, descreve-se a caracterização da escola onde o produto educacional foi aplicado, contemplando aspectos físicos, pedagógicos e sociais da instituição, bem como o contexto em que os estudantes estão inseridos. Essa descrição permite compreender as condições reais de ensino, as limitações estruturais e as potencialidades do espaço escolar, elementos indispensáveis para a análise crítica da intervenção proposta.

Em seguida, discute-se a importância da aplicação do produto educacional, destacando sua contribuição para a mediação do conhecimento, para o engajamento dos estudantes e para a superação de dificuldades conceituais relacionadas ao conteúdo abordado. Nesse sentido, o produto é compreendido não apenas como um recurso didático, mas como uma estratégia pedagógica que favorece a participação ativa dos alunos e a construção do conhecimento.

Por fim, o capítulo apresenta os relatos das aulas que compuseram a sequência didática, descrevendo, de forma sistematizada, as atividades desenvolvidas, as interações em sala de aula e as experiências vivenciadas pelos estudantes ao longo da aplicação. Esses relatos permitem acompanhar o desenvolvimento da intervenção pedagógica, servindo de base para a análise dos resultados e das discussões apresentadas nos capítulos subsequentes.

6.1 ANÁLISE DA ESCOLA NOS CONTEXTOS: FÍSICO, PEDAGÓGICO E SOCIAL

A aplicação do produto educacional foi realizada na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Luiz Aprígio, destacada na Figura 34, uma instituição pública da rede estadual de ensino, inscrita no INEP sob o número 2508628, situada no município de Mamanguape, no estado da Paraíba (PB). Sua localização oficial é Rua Presidente João Pessoa, s/n, Centro, CEP 58280-000, inserida em uma área urbana próxima às principais vias da cidade.

Figura 34 - Registro dos alunos na frente da escola preparados para uma foto



Fonte: Acervo do autor.

Mamanguape localiza-se no litoral norte paraibano, a cerca de 60 km da capital João Pessoa, sendo considerada parte de uma região metropolitana integrada ao contexto socioeducacional do estado.

A escola funciona regularmente sob a administração do Governo do Estado da Paraíba, estando vinculada à Secretaria de Estado da Educação (SEE-PB). Atualmente, a instituição oferta diferentes modalidades e etapas da Educação Básica, atendendo a um público diversificado.

No Ensino Médio regular, a escola conta com oito turmas, distribuídas da seguinte forma: quatro turmas de 1º ano (duas no turno matutino e duas no vespertino), duas turmas de 2º ano (uma no matutino e outra no vespertino) e duas turmas de 3º ano (também distribuídas entre os turnos matutino e vespertino).

Além do Ensino Médio regular, a instituição oferece a modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA), contemplando os níveis Fundamental e Médio. No sistema prisional, mantém turmas dos ciclos I e II na Cadeia Pública de Mamanguape, no turno vespertino. No período noturno, são ofertadas turmas dos ciclos V e VI da EJA, ampliando o acesso à educação para jovens e adultos.

A escola também participa de programas de educação complementar e inclusão, voltados à permanência dos estudantes, à redução da evasão escolar e à promoção de uma educação mais equitativa.

Quanto à infraestrutura, a escola possui seis salas de aula, espaços para atividades coletivas e esportivas, além de áreas comuns de convivência. Não dispõe de sala de vídeo tradicional, mas conta com equipamentos multimídia, como televisão, projetor e sistema de som. O laboratório de informática está cadastrado, porém os computadores ainda não estão disponíveis para uso regular. A biblioteca apresenta estrutura básica, e a escola possui acesso à internet, embora instável, além de quadra esportiva descoberta, pátio coberto e refeitório. Ressalta-se a inexistência de laboratório de Ciências.

6.2 MOTIVAÇÃO DA PROPOSTA

Este produto educacional destina-se a estudantes do Ensino Médio, especialmente aqueles em fase inicial do estudo da Mecânica Clássica. Considerando as características dessa etapa — em que os conceitos físicos ainda estão em consolidação —, o uso de ferramentas tecnológicas aliado a uma abordagem visual por meio da videoanálise busca facilitar a compreensão de conceitos abstratos, promovendo uma aprendizagem mais significativa, dinâmica e envolvente.

Com o objetivo de reduzir custos operacionais e garantir a viabilidade da pesquisa, optou-se por realizar o estudo com uma única turma do 1º ano do Ensino Médio. A turma selecionada foi o 1º ano B, do turno matutino, composta inicialmente por 33 estudantes, dos quais três eram maiores de idade.

O processo de obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e das autorizações de uso de imagem ocorreu em etapas. Inicialmente, em reunião de pais, foram apresentados os objetivos da pesquisa e os aspectos éticos envolvidos. Para os ausentes, os documentos foram enviados por meio dos alunos, sendo complementado por contato telefônico com os responsáveis.

A avaliação adotada foi contínua e qualitativa, caracterizando-se como um processo formativo integrado às práticas pedagógicas. Consideraram-se não apenas os resultados de pré e pós-testes, mas também a participação, o envolvimento, as interações e a capacidade argumentativa dos estudantes.

6.3 DESCRIÇÃO DAS QUESTÕES DO PRÉ-TESTE

O presente tópico tem como finalidade descrever as questões que compuseram o pré-teste aplicado aos estudantes no decorrer da intervenção pedagógica. As questões foram elaboradas com o intuito de investigar as concepções iniciais dos alunos acerca do conceito de referencial, bem como avaliar os possíveis avanços conceituais após a aplicação do produto educacional.

Dessa forma, a descrição das questões permite compreender os objetivos avaliativos de cada instrumento, além de subsidiar a análise comparativa dos resultados obtidos antes e após as aulas. A Figura 35 representa o pré-teste, o qual pode ser consultado na íntegra no Apêndice A.

Com o objetivo de preservar o anonimato dos estudantes, realizou-se um sorteio no qual números de 1 a 33 foram colocados em uma caixa. Cada estudante retirou um papel contendo um número, sem revelá-lo aos colegas. Esse número passou a ser utilizado para identificação nos instrumentos de avaliação, substituindo o nome do aluno tanto no pré-teste quanto no pós-teste.

Figura 35 - Recorte do pré-teste, composto por 4 (quatro) questões discursivas, aplicado aos alunos

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO GOVERNO DA PARAIBA

Escola Estadual de Ensino Fundamental e médio Professor Luiz Aprígio
Atividade Avaliativa 1º ano _____, 2º bimestre do ano letivo 2025
Disciplina: Física
Docente: Cleiton de Souza Nascimento
Discente número: _____
Pré-teste

1 - Como é possível determinar se um veículo está parado ou em movimento?

2 - É possível determinar a velocidade de um carro que ultrapassa o veículo que estamos?

3 - Observando a paisagem por meio da janela de um veículo que se move a uma certa velocidade, enxergamos um poste passar por nós rapidamente, é correto afirmar que este poste está em movimento? Explique seu ponto de vista.

4 - Ao acompanhar durante o período diurno (Manhã e tarde) as sombras das árvores e construções presentes no nosso dia a dia, percebemos uma mudança nelas, no que diz respeito ao tamanho e a posição. Explique por que isso acontece.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Análise da questão 1.

Essa questão tem como objetivo ir além da obtenção de uma resposta correta, buscando investigar como os alunos compreendem os conceitos de repouso e movimento. A pergunta permite identificar concepções prévias, geralmente baseadas no senso comum, que tratam o movimento como absoluto.

Ao gerar conflito cognitivo, a questão favorece a introdução do conceito de referencial de forma problematizadora, promovendo uma construção conceitual mais significativa. Além disso, estimula o desenvolvimento do pensamento científico, da argumentação e da capacidade de análise conceitual, funcionando também como um instrumento diagnóstico e avaliativo do processo de aprendizagem.

Análise da questão 2.

A proposição dessa questão tem como objetivo levar os alunos a refletirem sobre o caráter relativo da velocidade, evidenciando que sua determinação depende da escolha de um referencial. A pergunta permite identificar concepções prévias que associam velocidade a um valor absoluto, desconsiderando o movimento do observador.

Ao provocar a análise de uma situação cotidiana, a questão favorece a construção do conceito de velocidade relativa e estimula a argumentação e o raciocínio conceitual, funcionando também como instrumento diagnóstico para avaliar o nível de compreensão dos estudantes sobre movimento e referenciais.

Análise da questão 3.

A intenção dessa questão tem como objetivo aprofundar a compreensão dos alunos sobre a relatividade do movimento, ao evidenciar que a classificação de um objeto como em repouso ou em movimento depende do referencial adotado.

Ao analisar uma situação cotidiana, a pergunta estimula o estudante a confrontar o senso comum com o conceito científico de referencial, promovendo a argumentação e a justificativa do ponto de vista adotado. Além disso, a questão atua como instrumento diagnóstico ao revelar se o aluno compreende que um mesmo objeto pode ser considerado em repouso ou em movimento simultaneamente, dependendo do observador.

Análise da questão 4.

O objetivo dessa questão é levar os alunos a interpretar um fenômeno cotidiano à luz de conceitos físicos, relacionando a variação das sombras ao movimento aparente do Sol, decorrente da rotação da Terra. A pergunta favorece a identificação de concepções intuitivas, como a ideia de que o Sol se desloca ao redor da Terra, e cria espaço para a mediação docente na construção de explicações científicas.

Bem como, estimular a observação, a argumentação e a compreensão da importância do referencial na descrição do movimento, funcionando como instrumento diagnóstico para avaliar a compreensão dos estudantes sobre movimento aparente e sistemas de referência.

6.4 DESCRIÇÃO DAS QUESTÕES DO PÓS-TESTE

Nesta seção, apresenta-se a análise do pós-teste, cujo recorte é ilustrado na Figura 36. O documento, composto por quatro questões discursivas e cinco questões objetivas, pode ser consultado inteiramente no Apêndice B.

Figura 36 - Recorte do pós-teste

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO GOVERNO DA PARAIBA

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Luiz Artigio
Atividade Avaliativa 1º ano, 2º bimestre do ano letivo 2025
Disciplina: Física
Docente: Clayton de Souza Nascimento
Discente número: _____
Pós-teste

Parte 1: Conceitos básicos

- 1 – Defina o que é referencial.
- 2 – Explique a diferença entre referencial inercial e referencial não inercial.
- 3 – Explique o que é velocidade relativa.
- 4 – Explique o que é posição segundo a Física.

Parte 2: Múltipla Escolha

- 1 – Quais os prejuízos causados pela ausência do referencial ser informado no momento de determinarmos se um móvel está em repouso ou em movimento?
 - A) Imprecisão na análise do estado do móvel, podendo gerar interpretações diferentes entre observadores.
 - B) O referencial apenas influencia cálculos matemáticos, sem interferir nas observações práticas do movimento.
 - C) Impossibilidade de medir velocidades relativas entre móveis, mas sem impacto na comunicação científica.
 - D) Nenhum prejuízo, pois é possível determinar o estado de repouso ou movimento sem precisar de um referencial.
- 2 – Um passageiro está sentado em um ônibus em movimento e observa outro ônibus passando na direção oposta. Qual é o referencial mais adequado para medir a velocidade relativa entre os dois Trens?
 - A) O solo. B) O ônibus em que o passageiro está. C) O ônibus que está passando na direção oposta.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Análise da Questão discursiva 1

Essa questão, tem como objetivo verificar se o estudante é capaz de sintetizar conceitualmente um elemento central da Cinemática. Diferentemente das questões contextualizadas, essa pergunta exige a organização do pensamento e o uso adequado da linguagem científica, sem o apoio de exemplos explícitos.

Sua brevidade é intencional, pois permite avaliar o grau de internalização do conceito, funcionando como um instrumento diagnóstico rápido e eficaz. Além disso, a questão possibilita ao professor identificar se o aluno compreende o referencial como um critério de descrição do movimento, e não apenas como um objeto físico, evidenciando o nível de apropriação conceitual alcançado.

Análise da questão discursiva 2.

O intuito dessa questão é ampliar a compreensão dos alunos sobre sistemas de referência, distinguindo situações em que as leis de Newton são diretamente aplicáveis daquelas em que surgem forças aparentes. A pergunta exige que o estudante mobilize conceitos já construídos, como movimento, aceleração e referencial, favorecendo a articulação entre a Cinemática e a Dinâmica.

Além disso, ao solicitar uma explicação conceitual, a questão permite avaliar o nível de compreensão teórica alcançado, funcionando como instrumento diagnóstico e formativo, ao revelar se o aluno reconhece que a validade das leis físicas depende do tipo de referencial adotado.

Análise da questão discursiva 3.

O objetivo dessa questão é consolidar a compreensão dos alunos sobre o caráter relativo da velocidade, evidenciando que sua determinação depende do movimento do observador e do referencial adotado.

Ao solicitar uma explicação conceitual, a pergunta exige que o estudante sintetize conhecimentos previamente trabalhados, como movimento e sistemas de referência, favorecendo a internalização do conceito de velocidade relativa.

Essa questão funciona como instrumento diagnóstico e formativo, permitindo ao professor avaliar se o aluno compreende que velocidades não são absolutas, mas dependem da relação entre diferentes movimentos.

Análise da questão discursiva 4.

O intuito dessa questão tem como objetivo verificar se o estudante compreende o conceito de posição como uma grandeza física definida em relação a um referencial e a um sistema de coordenadas.

Ao requerer uma explicação conceitual, a pergunta exige a organização do pensamento científico e o uso preciso da linguagem, distinguindo a noção física de posição do entendimento cotidiano de “lugar”.

A questão atua como instrumento diagnóstico e formativo, permitindo ao professor avaliar o nível de apropriação conceitual dos alunos sobre um dos elementos fundamentais para a descrição do movimento.

Análise da questão objetiva 1

Essa questão tem como objetivo evidenciar a importância do referencial na descrição do movimento, destacando os equívocos conceituais que podem surgir quando ele não é explicitamente definido.

Ao problematizar a ausência do referencial, a pergunta leva o estudante a reconhecer que afirmações sobre repouso ou movimento se tornam ambíguas e imprecisas sem esse critério.

Além do mais, a questão estimula o desenvolvimento do rigor conceitual e da argumentação científica, funcionando como instrumento diagnóstico para avaliar se o aluno compreende que a validade das descrições físicas depende da clareza na escolha do sistema de referência.

Análise da questão objetiva 2.

O objetivo dessa questão é levar os alunos a aplicar o conceito de referencial de forma contextualizada, identificando aquele mais adequado para a determinação da velocidade relativa entre dois móveis.

Ao analisar uma situação cotidiana, o estudante é levado a reconhecer que o passageiro no interior do ônibus constitui um referencial válido para a observação do movimento do outro veículo, permitindo a determinação da velocidade relativa a partir desse ponto de vista.

Além disso, a questão favorece a articulação entre observador, movimento e sistema de referência, funcionando como instrumento formativo e diagnóstico ao revelar se o aluno compreende que a escolha do referencial influencia diretamente os valores medidos das grandezas físicas.

Análise da questão objetiva 3.

A proposição dessa questão tem como objetivo verificar se o estudante é capaz de aplicar quantitativamente o conceito de velocidade relativa em uma situação de movimento unidimensional.

Ao apresentar dois móveis que se deslocam em sentidos opostos, a pergunta exige que o aluno identifique corretamente o referencial e realize a composição de velocidades, articulando interpretação conceitual e cálculo matemático.

Essa questão permite avaliar a transição do entendimento qualitativo para o quantitativo, funcionando como instrumento diagnóstico e formativo ao revelar se o estudante compreende que a velocidade relativa resulta da relação entre os movimentos dos corpos envolvidos.

Análise da questão objetiva 4.

O foco dessa questão é avaliar a capacidade do estudante de aplicar o conceito de velocidade relativa em uma situação que envolve múltiplos referenciais. Ao considerar o movimento de uma pessoa no interior de um ônibus em deslocamento, a pergunta exige que o aluno reconheça a necessidade de compor velocidades para determinar o movimento em relação ao solo.

Além do mais, a questão favorece a articulação entre diferentes pontos de vista — o referencial do ônibus e o referencial do solo — promovendo a compreensão de que a velocidade medida depende do observador adotado. Dessa forma, a atividade funciona como instrumento formativo e diagnóstico, evidenciando se o estudante compreende a natureza relacional do movimento e é capaz de transitar entre referenciais distintos de maneira coerente.

Análise da questão objetiva 5

Essa questão tem como objetivo verificar se o estudante compreende a composição de velocidades em sistemas envolvendo diferentes referenciais, neste caso o ar e o solo. Ao introduzir a ação do vento como um elemento externo ao movimento do avião, a pergunta exige que o aluno identifique corretamente os referenciais envolvidos e realize a combinação adequada das velocidades para determinar o movimento em relação ao solo.

A questão favorece a aplicação do conceito de velocidade relativa em uma situação concreta, reforçando a compreensão de que o valor da velocidade medida depende do referencial adotado. Dessa forma, a atividade atua como instrumento

formativo e diagnóstico, evidenciando a capacidade do estudante de aplicar conceitos físicos a situações do cotidiano e de caráter tecnológico.

6.5 RELATOS DAS AULAS COM A UTILIZAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

O relato a seguir detalha as seis aulas desenvolvidas ao longo da intervenção pedagógica, organizadas com o objetivo de abordar o conceito de referencial no estudo dos movimentos, articulando aspectos teóricos, históricos e experimentais.

Cada aula teve duração total de 45 minutos, sendo estruturada inicialmente em três momentos organizados da seguinte forma: das 8h às 8h15, das 8h15 às 8h30 e das 8h30 às 8h45. Entretanto, na execução em algumas aulas esses momentos sofreram variação quanto a duração, o que pode ser constatado a seguir, durante a descrição das atividades realizadas em cada encontro.

Aula 1 (02/06/2025) – Apresentação da proposta e introdução conceitual.

8h às 8h15

No primeiro momento, foi apresentada aos estudantes a proposta geral do planejamento das aulas em que a unidade didática será aplicada, explicitando os objetivos das seis aulas. A Figura 37 mostra esse momento.

A metodologia adotada, baseada nos Três Momentos Pedagógicos proposto por Delizoicov, organizou-se nas etapas de problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, considerando, o papel ativo desempenhado pelos discentes ao longo das atividades. Buscou-se contextualizar a importância do tema no âmbito da Cinemática, destacando sua relevância para a compreensão dos movimentos observados no cotidiano.

Figura 37 - Registro do momento da explicação da proposta geral do planejamento das aulas



Fonte: Acervo do autor.

8h15 às 8h30

Em seguida, foi aplicado o pré-teste, composto por quatro questões discursivas, com o intuito de diagnosticar o nível de compreensão inicial dos estudantes acerca do tema. Após o recolhimento das respostas, foram realizados esclarecimentos pontuais sobre algumas questões, sem, contudo, antecipar discussões mais aprofundadas que seriam desenvolvidas posteriormente.

8h30 às 8h45

Por fim, foi reservado um momento para questionamentos e discussões, no qual os alunos puderam expor dúvidas, curiosidades e percepções iniciais sobre o tema. Essa etapa possibilitou identificar concepções prévias dos estudantes, servindo como subsídio para o planejamento das aulas subsequentes.

Aula 2 (04/06/2025) – Retomada conceitual, exibição dos vídeos e organização das equipes.

8h às 8h10

A aula teve início com a retomada dos principais pontos abordados na Aula 1, reforçando os conceitos discutidos e esclarecendo dúvidas remanescentes. Esse momento destacado na Figura 38 registra o instante que teve como objetivo consolidar a base teórica necessária para o avanço das atividades.

Figura 38 - Foto da turma ouvindo a explanação da base teórica



Fonte: Acervo do autor.

8h10 às 8h25

Em seguida, realizou-se uma introdução histórica sobre o conceito de movimento e de referencial, abordando, de forma sintética, a evolução das ideias desde concepções intuitivas até contribuições clássicas da Física. Esse momento teve como finalidade situar o conteúdo em um contexto histórico-científico, favorecendo uma compreensão mais ampla do desenvolvimento do conhecimento físico.

8h25 às 8h45

No último momento, foi exibido aos estudantes os vídeos previamente produzidos pelo pesquisador, abordando o conceito de movimento relativo e a importância do referencial. Após a exibição, foram organizadas as equipes com no máximo 5 (cinco) participantes, fornecidas orientações sobre a lista de materiais que deveriam ser trazidos pelos alunos para a realização das atividades práticas previstas para a Aula 3. Materiais: Bola; cronômetro (podendo ser utilizado o celular); câmera (podendo ser utilizado o celular) e fita métrica/trena. Por fim, foram realizados esclarecimentos pontuais sobre

algumas questões, sem, contudo, antecipar discussões mais aprofundadas que seriam desenvolvidas posteriormente.

Aula 3 (09/06/2025) – Produção dos vídeos experimentais.

8h às 8h10

Inicialmente, foram retomadas as instruções referentes à atividade prática e conferidos os materiais que os alunos levaram à escola, conforme solicitado na aula anterior. Foi identificado que alguns grupos não trouxeram a bola, sendo necessário ir até a professora de educação física solicitar algumas das suas bolas emprestadas. Em seguida, realizamos a verificação do peso das bolas, conforme a Figura 39, e a turma foi reorganizada em equipes de trabalho.

Figura 39 - Registro do momento da verificação da massa da bola (0,388 quilograma)



Fonte: Acervo do autor.

8h10 às 8h25

Com os grupos prontos, os estudantes foram conduzidos ao pátio da escola, onde receberam orientações finais sobre a atividade experimental e sobre os cuidados necessários durante a realização das filmagens.

8h25 às 8h45

Nesse momento, cada grupo produziu um vídeo prévio, registrando situações de movimento que seriam posteriormente analisadas. Ver Figura 40. A atividade teve como foco proporcionar aos alunos uma vivência prática relacionada ao conceito de referencial, estimulando a observação e o protagonismo discente.

Figura 40 - Registro do momento em que os alunos realizavam a experiência de queda livre



Fonte: Acervo do autor.

Aula 4 (11/06/2025) – Introdução ao software Tracker e coleta de dados.

8h às 8h10

A aula teve início com a explicação do funcionamento básico do software Tracker, destacando suas principais ferramentas e aplicações no estudo do movimento. Foi enfatizada a relação entre os vídeos produzidos e a possibilidade de extração de dados quantitativos. Ver Figura 41.

Figura 41 - Captura do momento em que o professor explanava sobre o software utilizando o computador com a imagem da tela espelhada na televisão

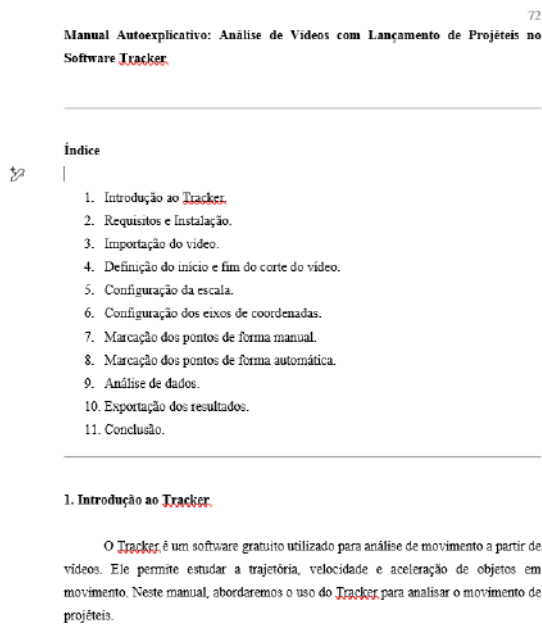


Fonte: Acervo do autor.

8h10 às 8h20

Em seguida, foi distribuído a cada grupo um manual contendo instruções passo a passo para a utilização do software. Como destaca a Figura 42. Consultar o manual Apêndice C. O pesquisador realizou uma demonstração prática, esclarecendo dúvidas e orientando os alunos quanto ao uso adequado do programa.

Figura 42 - Recorte da parte inicial do manual autoexplicativo do como manusear o software Tracker



Fonte: Elaborado pelo autor.

8h20 às 8h45

Foram disponibilizados dois computadores para que, de forma organizada e em sistema de rodízio, os grupos pudessem manusear o software e iniciar a produção dos dados a partir dos vídeos gravados na Aula 3.

Aula 5 (16/06/2025) – Análise e discussão dos dados obtidos na experiência realizada pelos alunos.

8h às 8h10

A aula iniciou-se com a retomada das atividades desenvolvidas na Aula 4, relembrando o processo de obtenção dos dados por meio do software Tracker. Ver Figura 43 a seguir.

Figura 43 - Foto da turma visualizando na televisão o uso em tempo real do software Tracker



Fonte: Acervo do autor.

8h10 às 8h25

Na sequência, realizou-se a análise dos dados obtidos a partir dos vídeos produzidos pelos alunos. Os resultados foram discutidos coletivamente, como mostra a Figura 44, permitindo a comparação entre os diferentes registros experimentais.

Figura 44 - Registro de dois alunos tabulando os dados após realização da experiência



Fonte: Acervo do autor.

8h25 às 8h45

O momento final foi dedicado à discussão crítica das análises, destacando-se as diferenças observadas entre os vídeos e enfatizando a imprecisão causada pela ação humana durante a coleta e o tratamento dos dados. Essa reflexão contribuiu para a compreensão das limitações experimentais e da importância do rigor metodológico.

Aula 6 (18/06/2025) – Fechamento do conteúdo e avaliação final.

8h às 8h10

Inicialmente, foi realizado o fechamento do conteúdo, reforçando a importância do referencial no estudo dos movimentos e retomando os principais conceitos trabalhados ao longo das seis aulas.

8h10 às 8h20

Em seguida, ocorreu um momento de coleta de relatos dos alunos, no qual puderam expressar pontos positivos e negativos da sequência didática, bem como suas percepções sobre as atividades desenvolvidas.

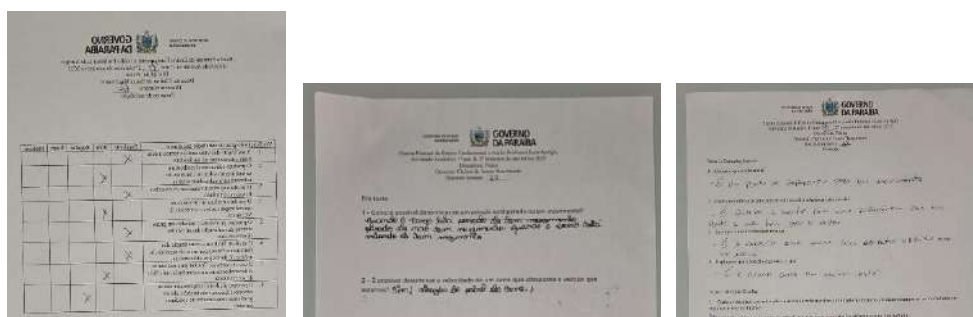
8h20 às 8h45

Por fim, foi aplicado o pós-teste, conforme, com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos estudantes após a intervenção. A aula foi encerrada com agradecimentos à turma pela participação e envolvimento ao longo de todo o processo.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir da aplicação de um pré-teste e de um pós-teste, ambos elaborados com o objetivo de avaliar a compreensão dos estudantes acerca do conceito de referencial no estudo dos movimentos. O pré-teste foi composto por quatro questões discursivas, enquanto o pós-teste contemplou quatro questões discursivas e cinco questões objetivas. Na Figura 45, são apresentadas atividades realizadas pelos estudantes.

Figura 45 - Recorte da pesquisa de satisfação a esquerda, recorte do pré-teste ao centro e recorte do pós-teste a direita



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise dos dados buscou identificar avanços conceituais, dificuldades persistentes e indícios de aprendizagem decorrentes da aplicação da unidade didática, desenvolvida de acordo com os três momentos pedagógicos proposto por Delisoiscov.

7.1 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE

A análise das respostas do pré-teste evidenciou que a maioria dos estudantes apresentava concepções iniciais limitadas acerca do conceito de referencial. De modo geral, as respostas às questões discursivas mostraram-se descritivas e fortemente baseadas no senso comum, com pouca utilização de linguagem científica adequada.

Observou-se que uma parcela significativa dos alunos associava o movimento exclusivamente ao deslocamento do corpo observado, desconsiderando o papel do observador ou do sistema de referência adotado. Em várias respostas, o movimento era tratado como uma característica intrínseca do objeto, sem menção à relatividade do

fenômeno. Esse resultado indica uma compreensão ainda incipiente da ideia de que o movimento depende do referencial escolhido.

Outro aspecto recorrente foi a dificuldade em diferenciar situações de repouso e movimento quando analisadas a partir de referenciais distintos. Alguns estudantes afirmaram, por exemplo, que um corpo poderia estar simultaneamente em movimento e em repouso, sem justificar adequadamente em relação a qual referencial essa afirmação seria válida. Essa ausência de explicitação do sistema de referência reforça a presença de concepções alternativas amplamente discutidas na literatura sobre o ensino de Cinemática.

Além disso, constatou-se uma limitação na capacidade de exemplificação. Quando solicitados a apresentar exemplos do cotidiano envolvendo diferentes referenciais, muitos alunos restringiram-se a situações genéricas ou imprecisas, o que sugere dificuldade em transpor o conceito teórico para contextos práticos.

7.2 RESULTADOS DO PÓS-TESTE

Os resultados do pós-teste indicaram avanços significativos na compreensão do conceito de referencial. As respostas às questões discursivas apresentaram maior clareza conceitual, com utilização mais frequente de termos próprios da Física, como “observador”, “sistema de referência” e “movimento relativo”.

De modo geral, os estudantes passaram a reconhecer explicitamente que a descrição do movimento depende do referencial adotado, demonstrando uma compreensão mais consistente da relatividade do movimento. Em comparação ao pré-teste, observou-se uma redução expressiva de respostas baseadas apenas no senso comum, sendo estas substituídas por explicações que articulavam teoria e exemplos concretos.

As questões objetivas do pós-teste reforçaram essa tendência. A maioria dos alunos apresentou elevado índice de acertos, especialmente nas questões que envolviam a identificação do referencial em situações-problema e a análise comparativa de movimentos observados a partir de diferentes pontos de vista. Esses resultados sugerem que a abordagem metodológica adotada contribuiu para a consolidação dos conceitos trabalhados.

Entretanto, apesar do avanço global, algumas dificuldades persistiram. Em determinadas respostas discursivas, ainda foram observadas imprecisões conceituais, principalmente no que se refere à escolha adequada do referencial em situações mais complexas ou menos familiares. Isso indica que, embora tenha havido progresso, o domínio pleno do conceito requer maior tempo de exposição e aprofundamento.

7.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste evidencia uma evolução conceitual relevante por parte dos estudantes, o que aponta para a efetividade da unidade didática proposta. A utilização de recursos audiovisuais, atividades práticas e análise de vídeos produzidos pelos próprios alunos mostrou-se elementos centrais para a superação de concepções alternativas relacionadas à ideia de movimento absoluto.

No primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, as respostas do pré-teste evidenciaram concepções espontâneas e fortemente ancoradas no senso comum. Observou-se que os estudantes apresentavam dificuldades em reconhecer o caráter relativo do movimento, tratando-o, em muitos casos, como uma propriedade absoluta dos corpos, sem explicitar o referencial adotado. Essas respostas indicaram a presença de concepções alternativas e justificaram a necessidade de uma abordagem que partisse de situações-problema próximas à realidade dos alunos.

No segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento, as atividades desenvolvidas ao longo das aulas — especialmente o uso da videoanálise e a discussão orientada dos resultados experimentais — possibilitaram a sistematização dos conceitos científicos relacionados ao referencial. Os indícios desse momento refletem-se nas respostas intermediárias e nas reformulações observadas durante as discussões em sala de aula, nas quais os estudantes passaram a empregar, ainda que de forma incipiente, termos como “observador” e “sistema de referência”, demonstrando avanços na estruturação do conhecimento.

Por fim, no terceiro momento pedagógico, a aplicação do conhecimento, as respostas do pós-teste revelaram uma compreensão mais consistente do conceito de referencial. Os estudantes demonstraram maior capacidade de analisar situações de movimento a partir de diferentes pontos de vista, justificar suas respostas com base no

referencial adotado e transpor o conhecimento construído para contextos distintos daqueles apresentados inicialmente. Esse avanço indica que a sequência didática favoreceu não apenas a assimilação conceitual, mas também a aplicação do conhecimento científico em novas situações.

A melhoria observada nas respostas discursivas do pós-teste indica não apenas a memorização de conceitos, mas também um avanço na capacidade argumentativa e na utilização da linguagem científica. Esse aspecto é particularmente relevante em uma perspectiva de ensino que valoriza a compreensão conceitual em detrimento da simples resolução mecânica de exercícios.

Por outro lado, as dificuldades remanescentes sugerem a necessidade de intervenções contínuas e de maior articulação entre os conceitos de referencial e outros tópicos da Cinemática, como velocidade e aceleração. A consolidação plena desses conceitos demanda tempo e oportunidades recorrentes de aplicação em diferentes contextos.

7.4 SUGESTÃO PARA ORGANIZAÇÃO E ANDAMENTO DAS AULAS

Esta seção tem como objetivo apresentar sugestões para a organização e o desenvolvimento das aulas, tomando como base os resultados obtidos na pesquisa **EXPLORANDO MOVIMENTOS: A RELEVÂNCIA DOS REFERENCIAIS NO LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS**. As propostas não se configuram como um modelo rígido, mas como possibilidades didáticas que podem ser adaptadas a diferentes contextos educacionais.

Nesse sentido, busca-se contribuir com perspectivas de aprofundamento que auxiliem o professor na ampliação das estratégias de ensino, especialmente no que se refere à abordagem do conceito de referencial por meio da videoanálise. Espera-se, assim, promover práticas pedagógicas mais dinâmicas, contextualizadas e alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de Física.

1ª aula: Apresentação da proposta, problematização inicial e introdução conceitual

0-10 Minutos: Apresentação do tema.

1. Introdução ao tema:

Explique que o movimento de um objeto depende de como e de onde ele é observado, introduzindo o conceito de referencial.

Defina referencial como o ponto de vista a partir do qual observamos e descrevemos o movimento de um corpo. Destaque que a percepção do movimento pode mudar completamente dependendo do referencial escolhido.

2. Exibição de situações do cotidiano:

Exiba dois vídeos curtos que mostram o lançamento de um projétil em diferentes referenciais (exemplo: um objeto lançado por uma pessoa dentro de um carro em movimento e o mesmo lançamento visto de um ponto fixo na calçada).

Instrua os alunos a observarem como o movimento parece diferente em cada referencial.

10-25 Minutos: Problematização

1. Discussão com a turma:

Faça perguntas instigantes, como: “O que foi apresentado no primeiro vídeo (referencial fixo)?” “E no segundo vídeo (referencial em movimento)?” “O que muda entre os dois pontos de vista?” “Por que o projétil parece se mover de forma diferente dependendo de quem observa?”

2. Opção alternativa: aplique um questionário para incentivar a reflexão.

Levantamento de questões:

Incentive os alunos a formularem perguntas sobre o movimento, como: “O projétil está realmente se movendo mais rápido em um referencial do que em outro?” “Como a velocidade do projeto é percebida por um observador dentro do carro e por outro que está parado?” “O movimento seria o mesmo se estivesse ocorrendo no espaço?”

25-40 Minutos: Discussão em grupo

1. Divisão da turma:

Separe os alunos em grupos pequenos (3 a 5 alunos) para estimular a participação.

2. Discussão em grupos:

Cada grupo deve discutir suas observações e levantar hipóteses sobre como e por que o movimento do projétil muda de acordo com o referencial.

Perguntas norteadoras: "Qual referencial parece mais 'correto'?" "É possível descrever o movimento de um objeto sem considerar o referencial?" Resumo das discussões: Peça que cada grupo compartilhe uma ou duas observações relevantes.

2ª Aula: Aprofundamento do Conceito de Referencial.

0-10 Minutos: Recapitulação das observações e questões levantadas.

1. Recapitulação rápida:

Relembre os principais pontos discutidos na aula anterior com perguntas como: "O que observamos ao comparar os vídeos de diferentes referenciais?" "Quais foram as principais dúvidas levantadas?" Reforce a ideia de que o movimento depende do referencial e que essa escolha afeta sua descrição.

10-25 Minutos: Apresentação teórica (continuação)

1. Importância do referencial na descrição do movimento:

Destaque que a descrição do movimento de qualquer objeto depende do referencial escolhido. Explique que: Em um referencial inercial, as leis de Newton se aplicam diretamente. Em um referencial não inercial, é necessário considerar forças fictícias (como a força centrífuga). Use exemplos do cotidiano para reforçar esse conceito: Um carro fazendo uma curva (referencial não inercial). O movimento de um objeto lançado no ar (referencial inercial).

2. Exemplos práticos e perguntas para os alunos: Estimule o raciocínio com questões como: "Como seria a descrição do movimento de uma pessoa que anda dentro de um trem ou ônibus em movimento?" "O que mudaria se observássemos esse movimento de fora do trem ou ônibus?"

3. Estimule o raciocínio com questões como: "Como seria a descrição do movimento de uma pessoa que anda dentro de um trem ou ônibus em movimento?" "O que mudaria se observássemos esse movimento de fora do trem ou ônibus?"

25-40 Minutos: Atividade de fixação.

1. Instrução para a atividade: Apresente situações do cotidiano envolvendo diferentes referenciais e peça que os alunos as analisem.

Exemplos de situações: Uma bola sendo lançada para cima dentro de um ônibus em movimento. Uma pessoa observando um carro de um prédio enquanto o carro passa embaixo. Um avião visto por alguém no chão e por outro passageiro dentro do avião.

2. Realização da atividade: Os alunos devem descrever o movimento de pelo menos dois referenciais diferentes (um referencial inercial e outro não inercial, se aplicável). Incentive a discutir em duplas ou grupos pequenos sobre as diferenças nas descrições do movimento.

3. Correção em sala e compartilhamento de ideias: Peça para alguns alunos compartilharem suas descrições. Questione: "Como o movimento parece diferente dependendo do referencial?" "Qual foi a principal diferença entre referenciais inerciais e não inerciais?"

4. Reflexão sobre a influência do referencial na descrição do movimento: Recapitule os pontos principais, destacando a importância da escolha do referencial. Explique que entender referenciais é essencial para analisar movimentos complexos (exemplo: satélites, veículos em movimento, objetos em queda).

3ª aula

0-10 minutos: Recapitulação das principais ideias discutidas na aula anterior

1. Recapitulação breve:

Começando a relembrar os conceitos propostos na aula anterior sobre referencial e como ele influencia a descrição do movimento.

Pergunte aos alunos: "Como o movimento de um objeto muda dependendo do referencial?" "Qual foi a principal conclusão de que vocês chegaram na última atividade?" Enfatize a importância de ter uma ferramenta que ajude a observar e analisar movimentos com precisão, como o software Tracker.

2. Introdução ao software:

Explique que, a partir desta aula, o Tracker será utilizado como um instrumento tecnológico para auxiliar na análise de movimentos.

Diga algo como: "Com o Tracker, você poderá ver os movimentos em detalhes e analisá-los como um verdadeiro cientista!"

10-25 Minutos: Apresentação do software Tracker

1. Explicação do software:

Mostre aos alunos a interface do Tracker em um projetor ou tela, destacando os recursos principais, como: Ferramentas de marcação de pontos (para seguir o movimento de objetos quadro a quadro). Uma função de análise de trajetória que permite estudar o movimento de um objeto. A criação de gráficos de velocidade e tempo.

2. Destaque que esse software será fundamental para analisar os vídeos produzidos e apresentados em aulas anteriores e será usado para estudar o movimento sob diferentes referenciais.

3. Demonstração prática:

Abra um vídeo simples no Tracker (por exemplo, um objeto caindo ou sendo lançado) e faça uma demonstração ao vivo de como usar as funções básicas: Como marcar o objeto em movimento. Como medir a velocidade e a aceleração, ou tempo. Como gerar gráficos que mostram a trajetória do objeto. Faça uma análise breve do movimento com base nas ferramentas usadas e demonstre a utilidade do Tracker para visualizar as leis do movimento.

4. Envolvimento dos alunos:

Pergunte aos alunos: "O que vocês acharam da ferramenta?" "Como vocês acham que o uso do Tracker pode ajudar a entender melhor os conceitos que estamos estudando?" Incentive os alunos a experimentarem o software e a pensarem em movimentos do cotidiano que gostariam de analisar usando o Tracker.

25-40 Minutos: Discussão em grupo

Divisão em grupos: Organize os alunos em pequenos grupos de 3 a 5 pessoas. Instrua cada grupo a discutir como eles podem usar o software Tracker para analisar movimentos observados no cotidiano e como isso pode ajudar a compreender os conceitos físicos presentes.

1. Discussão em grupos: Cada grupo deve compartilhar ideias sobre quais tipos de movimentos gostariam de capturar e analisar (por exemplo, uma bola quicando, um carro em movimento, ou uma pessoa correndo), no nosso caso vamos analisar o lançamento de uma bola de basquete lançada em um carro em movimento. Incentive-os a pensar em como podem aplicar as funcionalidades do Tracker para analisar diferentes aspectos do movimento (velocidade, aceleração, tempo, etc.).

2. Discussão sobre a produção do vídeo: Explique a importância de produzir vídeos de qualidade para garantir uma boa análise no software Tracker. Fale sobre os cuidados necessários, como: Escolha um cenário adequado, com boa iluminação. Garanta que o objeto ou pessoa em movimento seja capturado com segurança. Usar um referencial fixo durante a gravação para facilitar uma análise posterior.

3. Encerramento e expectativas para a próxima aula: Finalizar a aula reforçando o valor do uso de tecnologias como o Tracker para ampliar a compreensão dos movimentos na física. Diga algo como: "Na próxima aula, começaremos a trabalhar com os vídeos que vocês produzirão. Pensem em algo interessante para analisar!" Na nossa realidade já utilizaremos os vídeos produzidos pelo professor e reproduzido para eles na 1ª aula. Caso deseje utilizar vídeos produzidos pelos estudantes, incentive eles a já começarem a planejar o vídeo que gravarão, focando no tipo de movimento que desejam estudar.

4ª Aula

0-10 Minutos: Recapitulação das principais ideias discutidas na aula anterior

1. Recapitulação rápida: Relembre os alunos sobre o que foi visto nas aulas anteriores, principalmente a introdução ao software Tracker e a importância do referencial na descrição dos movimentos. Pergunte: "Por que o referencial é importante para descrever o movimento?" "Como o uso do software Tracker pode nos ajudar a analisar esses movimentos?"

2. Introdução à atividade prática: Apresente o contexto da atividade do dia: análise do lançamento de um projétil a partir de dois referenciais diferentes (um fixo na Terra e o outro dentro de um veículo em movimento). Explique que eles irão utilizar o software Tracker para analisar ambos os vídeos e comparar as diferenças na descrição do

movimento a partir dos dois pontos de vista. Destaque que o foco é aplicar o conhecimento aprendido sobre referenciais e perceber como o movimento é descrito de formas distintas.

10-25 Minutos: Atividade de análise

1. Divisão dos alunos em grupos: Organize os alunos em pequenos grupos de 3 a 5 pessoas. Explique que cada grupo irá receber dois vídeos (um referente ao referencial fixo na Terra e o outro ao referencial dentro do veículo em movimento).

2. Instruções para a análise dos vídeos: Dê as instruções para o uso do software Tracker: cada grupo deve carregar os vídeos no Tracker e seguir o movimento do projétil. Oriente os alunos a observarem: Como o movimento do projétil é descrito no referencial fixo (na Terra). Como o movimento é descrito no referencial móvel (dentro do veículo). Eles deverão comparar os gráficos de deslocamento, velocidade e aceleração obtidos nos dois casos.

3. Realização da análise: Os alunos devem, em seus grupos, trabalhar nos vídeos e registrar as diferenças observadas entre os dois referenciais. Incentive-os a focar nas perguntas: "Como o movimento parece diferente entre os dois vídeos?" "Em qual referencial o movimento do projétil parece mais simples de descrever?"

25-40 Minutos: Discussão em grupo

1. Compartilhamento de observações dentro do grupo: Cada grupo deve discutir as conclusões que chegaram durante a análise dos vídeos. Perguntas-chave para guiar a discussão: "O que mudou na trajetória do projétil dependendo do referencial?" "Em qual referencial é mais fácil aplicar as leis de Newton?" "O que podemos aprender sobre o uso de referenciais diferentes na física?"

2. Apresentação das conclusões de cada grupo: Peça que cada grupo apresente uma ou duas observações principais sobre a diferença entre os dois referenciais. Incentive uma breve troca entre os grupos, destacando pontos em comum ou divergências nas conclusões. Realce a importância da comparação entre diferentes referenciais e como isso ajuda a descrever com precisão o movimento.

40-45 Minutos: Reflexão final

1. Reflexão sobre a importância do conceito de referencial: Encerre a aula com uma breve reflexão sobre como o conceito de referencial impacta a descrição dos movimentos.

Pergunte aos alunos: "O que aconteceria se sempre usássemos apenas um referencial para descrever todos os movimentos?" "Por que é importante considerar mais de um referencial para ter uma visão completa do movimento?"

2. Expectativa para a próxima aula: Informe aos alunos que na próxima aula eles continuarão aplicando o software Tracker em mais situações complexas, e que poderão gravar seus próprios vídeos para análise. Incentive-os a pensar em outros exemplos de movimentos cotidianos que gostariam de estudar com o software.

5ª Aula

0-10 Minutos: Recapitulação das discutidas na última aula

1. Recapitulação breve: Inicie a aula lembrando as principais considerações da aula anterior, onde os alunos analisaram o movimento do projeto a partir de dois referenciais (um fixo e outro móvel). Perguntar: "O que aprender sobre a diferença de descrição do movimento entre um referencial fixo na Terra e um dentro de um veículo em movimento?" "Como as trajetórias do projeto se alteram conforme mudamos o referencial?"

2. Introdução ao novo cenário: Apresento a nova situação que será demonstrada hoje: o lançamento do projeto agora será apresentado de um terceiro referencial, um veículo que se move no sentido oposto ao veículo onde o projeto foi lançado. Explique que o objetivo é observar como o movimento do projeto é descrito neste novo referencial, comparando com as análises anteriores.

10-25 Minutos: Atividade de análise

1. Instruções para a análise: Divida os alunos em grupos (se já não estiverem organizados) e explique que cada grupo receberá o vídeo do projeto sendo lançado com a perspectiva do veículo que se move no sentido contrário. Reforço que, como nas aulas anteriores, os alunos devem utilizar o software Tracker para analisar o movimento e focar nas seguintes questões: "Como o movimento do projeto se altera quando observado de um veículo em sentido contrário?" "Como isso afeta a velocidade e a trajetória aparente do projeto?"

2. Análise dos vídeos pelos grupos: Cada grupo deve analisar o vídeo fornecido, marcando o movimento do projeto quadro a quadro e comparando a trajetória, velocidade e aceleração. Os alunos deverão produzir gráficos comparando as análises feitas nos três

referenciais: referencial fixo (na Terra), referencial em movimento (veículo original) e referencial no sentido oposto (novo veículo).

3. Conclusão preliminar: Antes de iniciar a discussão formal, cada grupo deve resumir as conclusões principais de sua análise e como o movimento se alterou entre os três referenciais.

25-40 Minutos: Discussão em grupo

1. Compartilhamento de observações: Cada grupo deve compartilhar suas observações com a turma, destacando: "O que mudou na trajetória e na velocidade do projeto no referencial do veículo no sentido contrário?" "Como o movimento aparente do projeto se compara aos dois referenciais anteriores?" Incentiva uma discussão entre os grupos, destacando semelhanças e diferenças nas análises.

2. Discussão orientada: Conduza uma discussão sobre o impacto de observar o movimento a partir de um veículo em sentido contrário, explicando conceitos como velocidade relativa: "Por que a trajetória parece diferente?" "Como a velocidade do projeto se soma ou se subtrai dependendo do referencial?" Use exemplos práticos do cotidiano (como a visão de um carro em movimento quando apresentado de outro veículo em direção oposta) para contextualizar o conceito de velocidade relativa.

40-45 minutos: Reflexão final

1. Síntese do aprendizado: Encerre a aula com uma recapitulação das principais ideias discutidas: "O que o novo referencial trouxe de diferente na descrição do movimento?" "Como a comparação entre diferentes referenciais ajuda a entender melhor o movimento de um objeto?" Reforce a importância de sempre considerar o referencial da física para obter uma descrição mais completa e precisa.

2. Preparação para a última aula: Informe aos alunos que a próxima aula será a conclusão do ciclo de atividades, onde eles deverão aplicar os conceitos aprendidos e apresentar suas próprias análises de movimentos, usando o software Tracker. Incentivo os alunos a pensarem em vídeos ou movimentos que gostariam de gravar e analisar para a última aula, mostrando que usam o máximo de criatividade para aplicar os conceitos de referenciais e velocidade relativa.

6ª Aula – Explorando Movimentos: A Relevância dos Referenciais no Lançamento de Projéteis

0-10 Minutos: Revisão Sintética

1.Revisão dos principais conceitos: Inicie a aula retomando os conceitos fundamentais discutidos nas aulas anteriores: Referenciais (fixo e móvel) e seu impacto na descrição do movimento. Velocidade relativa, exemplificada pelos vídeos analisados de lançamentos de projéteis em diferentes referenciais. Uso do software Tracker para visualizar e analisar os movimentos. Utilize um resumo visual no quadro ou projetor, com diagramas e gráficos, para ilustrar como a trajetória e a velocidade do projétil mudam em cada referencial.

2.Interação com os alunos: Faça perguntas para engajar a turma e reforçar a compreensão: "Como a descrição do movimento muda ao alterar o referencial?" "O que é velocidade relativa e como ela influencia nossa percepção do movimento?" Peça aos alunos que tragam exemplos do cotidiano em que os conceitos de referenciais e velocidade relativa são observados, como em transportes ou esportes.

10-35minutos: Atividade Avaliativa

1.Explicação da atividade: Informe que realizarão uma atividade de fixação e verificação do aprendizado, que pode incluir: Questões objetivas e discursivas curtas. Análise de um pequeno vídeo no Tracker. Interpretação de gráficos de movimento.

2.Realização da atividade: Distribua a avaliação e oriente os alunos. Exemplos de questões: Descrever o movimento de um objeto em diferentes referenciais. Explicar o conceito de velocidade relativa e sua influência na percepção do movimento. Interpretar gráficos e descrever trajetórias em referenciais móveis. Enquanto os alunos realizam a atividade, circule pela sala para tirar dúvidas e garantir que compreendam as questões.

35-40 Minutos: Discussão dos resultados

1.Correção interativa: Após a avaliação, realize uma correção participativa, destacando pontos comuns de dificuldade. Caso haja dúvidas recorrentes sobre velocidade relativa, use um exemplo prático para reforçar a explicação. No quadro, demonstre a resolução de questões mais complexas, especialmente as que envolvem gráficos e interpretação de dados.

2.Sessão de dúvidas: Abra espaço para perguntas e esclarecimentos. Peça aos alunos que compartilhem quais conceitos acharam mais difíceis e explique de forma mais acessível.

40-45 Minutos: Encerramento

1.Considerações finais: Encerre a aula agradecendo o empenho dos alunos. Destaque como os conceitos de referencial e velocidade relativa são essenciais na física e têm aplicações diretas no mundo real. Relacione o tema com situações práticas, como esportes, transportes e até videogames, incentivando a curiosidade científica.

2.Despedida e agradecimentos: "Vocês deram um grande passo na compreensão de conceitos fundamentais da física. Continuem observando o mundo com um olhar científico!" Reforce a importância da experimentação e análise para consolidar o aprendizado.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo geral investigar o potencial da utilização da videoanálise de movimentos reais como estratégia metodológica para favorecer a aprendizagem do conceito de referencial no ensino de Física, a partir de situações que fazem parte da vivência dos estudantes. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, buscou-se articular fundamentos teóricos do Ensino de Física, práticas pedagógicas contextualizadas e o uso de tecnologias educacionais acessíveis, de modo a contribuir para uma aprendizagem mais significativa e crítica.

No que se refere aos objetivos específicos, os resultados obtidos indicam avanços relevantes. Observou-se que os estudantes passaram a demonstrar maior compreensão do conceito de referencial e de sua relação com o cotidiano, a partir da análise do pré-teste, das atividades desenvolvidas ao longo das aulas e do pós-teste, superando, ainda que parcialmente, concepções iniciais baseadas no senso comum. A aplicação da videoanálise como ferramenta de observação e interpretação de movimentos reais mostrou-se eficaz ao aproximar os conceitos físicos de situações concretas, favorecendo o envolvimento dos alunos e a construção do conhecimento a partir da realidade vivenciada por eles.

A análise dos gráficos de movimento produzidos a partir dos vídeos permitiu aos estudantes estabelecer relações mais claras entre as representações gráficas e o referencial adotado. Esse aspecto mostrou-se fundamental para o desenvolvimento da compreensão conceitual, uma vez que possibilitou a visualização e a interpretação dos dados de forma integrada, articulando diferentes formas de representação do movimento.

No que diz respeito à avaliação da contribuição da videoanálise para a aprendizagem, os resultados do pré-teste e do pós-teste, bem como os relatos dos estudantes, indicaram que essa abordagem favoreceu uma aprendizagem mais contextualizada do conceito de referencial. O uso da tecnologia não se restringiu a um recurso motivacional, mas atuou como mediador do processo de ensino e aprendizagem, promovendo maior participação discente, reflexão crítica e autonomia na construção do conhecimento.

Destaca-se, ainda, a importância da videoanálise enquanto ferramenta educacional, especialmente em contextos escolares que apresentam limitações estruturais, como a ausência de laboratórios de Física equipados. Por tratar-se de uma estratégia flexível, a proposta pode ser adaptada a diferentes realidades escolares, considerando a disponibilidade de recursos, o perfil dos estudantes e as especificidades do currículo, o que amplia seu potencial de aplicação em diversos contextos da Educação Básica.

Como produto educacional desta pesquisa, foi desenvolvida uma unidade didática que integra a videoanálise de movimentos reais, realizada por meio do software Tracker, como ferramenta central do processo pedagógico. Essa unidade didática evidenciou a possibilidade de unir teoria, prática e tecnologia de forma coerente e acessível, promovendo uma abordagem didática que valoriza o protagonismo discente e a contextualização dos conteúdos de Física.

Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir para a reflexão de professores e pesquisadores sobre o uso de metodologias ativas e tecnologias educacionais no ensino de Física, incentivando novas investigações e adaptações da proposta apresentada. Acredita-se que a integração entre teoria, experimentação e tecnologia constitui um caminho promissor para a melhoria do ensino e da aprendizagem dos conceitos fundamentais da Mecânica Clássica na Educação Básica.

Referências Bibliográficas

ALVES FILHO, J. P. Atividades experimentais no ensino de Física: uma análise crítica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 1, p. 36–52, 2004.

AUSUBEL, D. P. A Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1980. https://wp.ufpel.edu.br/ayala/files/2019/09/ausubel_moreira.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

AUSUBEL, David P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Springer, 2003.

BORDIN, Giulio Domenico; FRANÇA, Igor Henrique; GINANE JUNIOR, Arandi. Desenvolvimento e utilização de um aplicativo móvel brasileiro para videoanálise: “Videoanalizando”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44, e20220058, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0058>. Acesso em: 19 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Bases legais*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 29 out. 2024.

BROWN, Douglas. *Tracker: video analysis and modeling tool*. Open Source Physics, 2011. Disponível em: <https://physlets.org/tracker/>. Acesso em: 30 mar. 2026.

BROWN, Douglas; COX, Anne J. Innovative uses of video analysis. *The Physics Teacher*, v. 47, n. 3, p. 145–150, 2009.

BROWN, Douglas; KASSING, Richard. *Physics for engineering and science*. New York: Wiley, 2004.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CHAVES, M. J.; PIETROCOLA, M. Referenciais e a construção do conceito de movimento em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DUSI, Luciana de Lima; PEDROSA, Stella Maria Peixoto de Azevedo; MENDES DOS SANTOS, Sonia Regina. Tecnologias digitais e aprendizagem docente. *Revista da FAEEBA*, v. 33, n. 74, p. 119–132, 2024.

EINSTEIN, Albert; BORN, Max. *Cartas entre Einstein e Born: correspondência de 1916 a 1955*. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. *Lições de física de Feynman*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GASPAR, Alberto. *Física: ensino médio*. São Paulo: Ática, 2005.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de física: mecânica*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Dados do Censo Escolar. Disponível em: <https://www.gov.br/inep>. Acesso em: 06 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Pesquisa revela dados sobre tecnologias nas escolas. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/pesquisa-revela-dados-sobre-tecnologias-nas-escolas>. Acesso em: 06 dez. 2024.

KNIGHT, Randall D. *Physics for scientists and engineers: a strategic approach*. 3. ed. San Francisco: Pearson, 2013.

LIBÂNEO, José Carlos. *Didática*. São Paulo: Cortez, 2015.

MAZUR, Eric. *Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa*. Porto Alegre: Penso, 2015.

MENEZES, L. C. Ensino de Física com tecnologias digitais. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 2, 2021.

MONTOLI, Guilherme Almeida; CABRAL NETO, João dos Santos. Estudo de colisões inelásticas por meio da videoanálise. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 865–889, 2020.

MORAES, R.; ROSA, M. A. *Educação científica e tecnologias digitais*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015.

MORAIS, M. A. *Educação e novas tecnologias*. São Paulo: Cortez, 2012.

MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa: teoria e prática*. Brasília: UnB, 2011.

MORAN, José Manuel. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José Manuel (org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora*. Porto Alegre: Penso, 2018.

NUSSENZVEIG, Moysés Henrique. *Curso de física básica: mecânica*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

OPENAI. *ChatGPT*. Plataforma de inteligência artificial. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 30 mar. 2026.

PIETROCOLA, Maurício (org.). *Ensino de Física*. Florianópolis: UFSC, 2005.

PRETTO, Nelson L. *Educação, informação e tecnologias*. São Paulo: Cortez, 2001.

SANTANA, Alessandro Alves. *Geometria analítica*. Uberlândia: UFU, 2013.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros*. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Material didático de apoio ao ensino de Física. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8206660/mod_resource/content/1/Texto%202. Acesso em: 09 mai. 2024.

VALADARES, Eduardo C. Tecnologias no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 2, 2014.

VIRGINIO, Rhodriggo Mendes. Referenciais não inerciais e forças fictícias. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

APÊNDICE A – Pré-teste

SECRETARIA DE ESTADO
DA EDUCAÇÃO



GOVERNO
DA PARAÍBA

Escola Estadual de Ensino Fundamental e médio Professor Luiz Aprígio

Atividade Avaliativa 1º ano _____, 2º bimestre do ano letivo 2025

Disciplina: Física

Docente: Cleiton de Souza Nascimento

Discente número: _____

Pré-teste

- 1 – Como é possível determinar se um veículo está parado ou em movimento?
- 2 – É possível determinar a velocidade de um carro que ultrapassa o veículo que estamos?
- 3 – Observando a paisagem por meio da janela de um veículo que se move a uma certa velocidade, enxergamos um poste passar por nós rapidamente, é correto afirmar que este poste está em movimento? Explique seu ponto de vista.
- 4 – Ao acompanhar durante o período diurno (Manhã e tarde) as sombras das árvores e construções presentes no nosso dia a dia, percebemos uma mudança nelas, no que diz respeito ao tamanho e a posição. Explique por que isso acontece.

APÊNDICE B – Pós-teste

SECRETARIA DE ESTADO
DA EDUCAÇÃO



GOVERNO
DA PARAÍBA

Escola Estadual de Ensino Fundamental e médio Professor Luiz Aprígio

Atividade Avaliativa 1º ano _____, 2º bimestre do ano letivo 2025

Disciplina: Física

Docente: Cleiton de Souza Nascimento

Discente número: _____

Pós-teste

Parte 1: Conceitos básicos

1 – Defina o que é referencial.

2 – Explique a diferença entre referencial inercial e referencial não inercial.

3 – Explique o que é velocidade relativa.

4 – Explique o que é posição segundo a Física.

Parte 2: Múltipla Escolha

1 – Quais os prejuízos causados pela ausência do referencial ser informado no momento de determinarmos se um móvel está em repouso ou em movimento?

A) Imprecisão na análise do estado do móvel, podendo gerar interpretações diferentes entre observadores.

B) O referencial apenas influencia cálculos matemáticos, sem interferir nas observações práticas do movimento.

C) Impossibilidade de medir velocidades relativas entre móveis, mas sem impacto na comunicação científica.

D) Nenhum prejuízo, pois é possível determinar o estado de repouso ou movimento sem precisar de um referencial.

2 – Um passageiro está sentado em um ônibus em movimento e observa outro ônibus passando na direção oposta. Qual é o referencial mais adequado para medir a velocidade relativa entre os dois ônibus?

A) O solo.

B) O ônibus em que o passageiro está.

C) O ônibus que está passando na direção oposta.

D) Um observador parado na estação.

3 – Um carro A está se movendo a 60 km/h em uma estrada reta, enquanto um carro B, na mesma direção, porém em sentido oposto, está a 80 km/h. Qual é a velocidade relativa do carro B em relação ao carro A?

- A) – 20 km/h
- B) 80 km/h
- C) 140 km/h
- D) 20 km/h

4 – Uma pessoa está caminhando a 5 km/h pelo corredor de um ônibus que se move a 50 km/h em relação ao solo. Qual é a velocidade da pessoa em relação ao solo, se ela caminha na mesma direção do movimento do ônibus?

- A) 45 km/h
- B) 50 km/h
- C) 55 km/h
- D) 5 km/h

5 – Um avião voa a 800 km/h em relação ao ar, mas há um vento contrário de 100 km/h. Qual é a velocidade do avião em relação ao solo?

- A) 800 km/h.
- B) 700 km/h.
- C) 900 km/h.
- D) 100 km/h.

APÊNDICE C – Pesquisa de satisfação

SECRETARIA DE ESTADO
DA EDUCAÇÃO



GOVERNO
DA PARAÍBA

Escola Estadual de Ensino Fundamental e médio Professor Luiz Aprígio

Atividade Avaliativa 1º ano _____, 2º bimestre do ano letivo 2025

Disciplina: Física

Docente: Cleiton de Souza Nascimento

Discente número: _____

Pesquisa de satisfação

Verificação do grau de satisfação dos alunos	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
1. A realização das videoanálise tornou a aula mais interessante ou motivadora.					
2. O produto educacional melhorou o entendimento sobre os conceitos de referenciais e velocidade relativa.					
3. O produto ajudou a visualizar os conceitos físicos no cotidiano.					
4. O produto é eficaz no processo de aprendizagem sobre o conteúdo de Mecânica.					
5. O produto promoveu o trabalho em grupo através da realização das atividades desenvolvidas.					
6. O produto facilitou a visualização dos fenômenos físicos por meio da experiência análise de dados por videoanálise.					
7. O uso do software Tracker para realizar as videoanálise tornou a experiência mais fácil de ser realizada.					
8. O produto ajudou a compreender não só conceitos físicos, mas também alguns problemas relacionados ao cotidiano humano.					

APÊNDICE D – Manual de instrução

Manual Autoexplicativo: Análise de Vídeos com Lançamento de Projéteis no Software Tracker

Índice

1. Introdução ao Tracker.
 2. Requisitos e Instalação.
 3. Importação do vídeo.
 4. Definição do início e fim do corte do vídeo.
 5. Configuração da escala.
 6. Configuração dos eixos de coordenadas.
 7. Marcação dos pontos de forma manual.
 8. Marcação dos pontos de forma automática.
 9. Análise de dados.
 10. Exportação dos resultados.
 11. Conclusão.
-

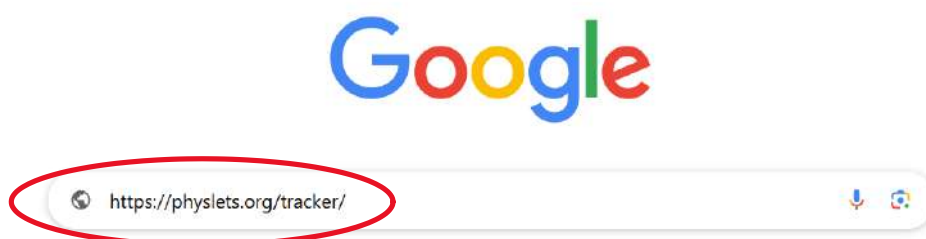
1. Introdução ao Tracker

O Tracker é um software gratuito utilizado para análise de movimento a partir de vídeos. Ele permite estudar a trajetória, velocidade e aceleração de objetos em movimento. Neste manual, abordaremos o uso do Tracker para analisar o movimento de projéteis.

2. Requisitos e Instalação

- **Requisitos:** Um computador com sistema operacional Windows, macOS ou Linux.
- **Instalação:**

2.1. Abra o buscador no seu computador e digite: <https://physlets.org/tracker/>.



Fonte: Galeria do autor

2.2. Acesse o site oficial do Tracker, marque a opção **Português**.



Fonte: Galeria do autor

2.3. Caso a opção acima não dê certo, para a versão em português, baixe o arquivo de tradução:

- No site, procure a opção “Translation” e localize o idioma português.
- Baixe o arquivo correspondente ao idioma.

2.4. Em último caso, instale o Tracker seguindo estas etapas:

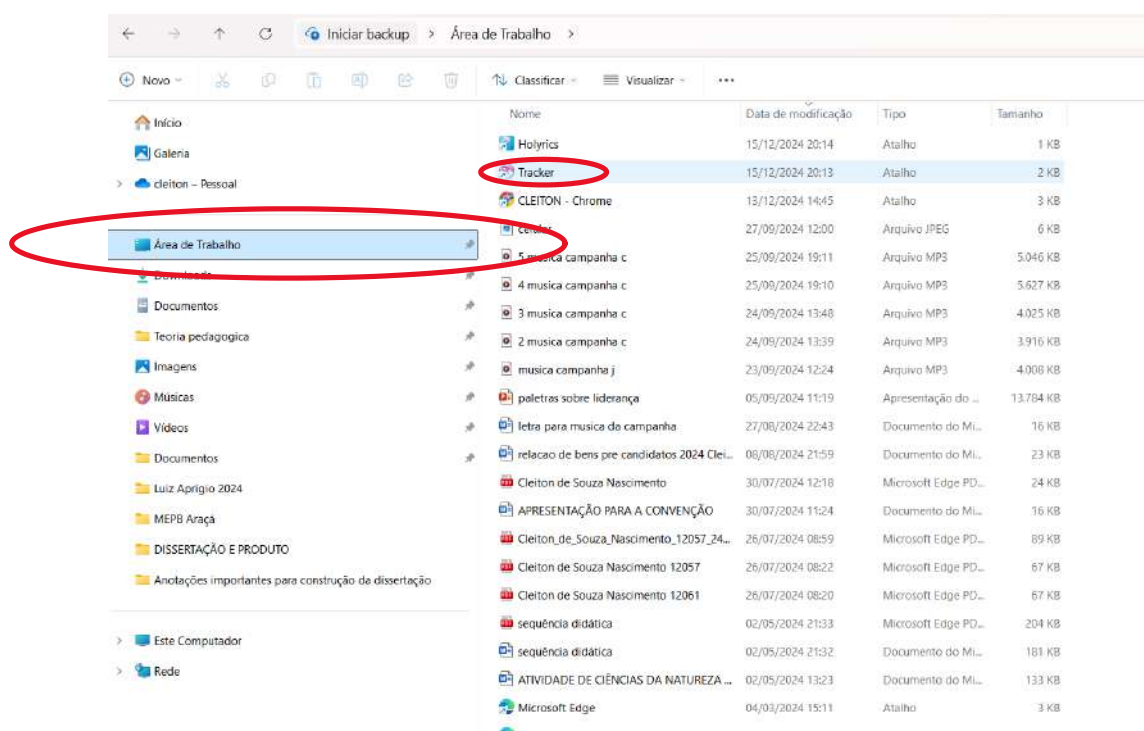
- Baixe a versão compatível com o seu sistema operacional.
- Execute o instalador e conclua a instalação.

2.5. Para configurar o idioma:

- Abra o Tracker.
- Acesse **Edit > Preferences > Locale**.
- Selecione “Português” e reinicie o programa.

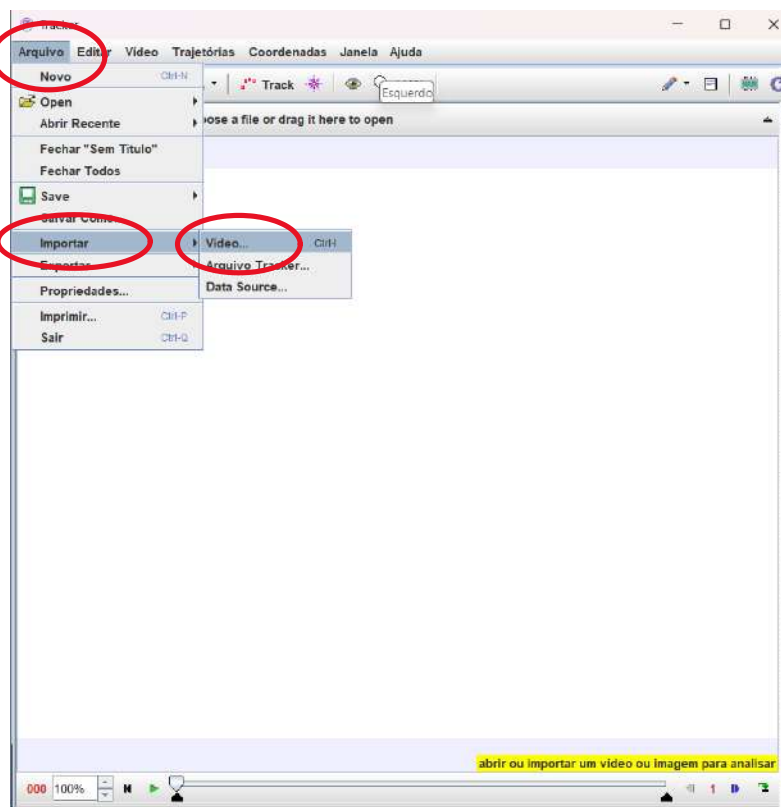
3. Importação do Vídeo

3.1. Abra a pasta onde encontra-se o **Software** e em seguida abra o **Tracker**.



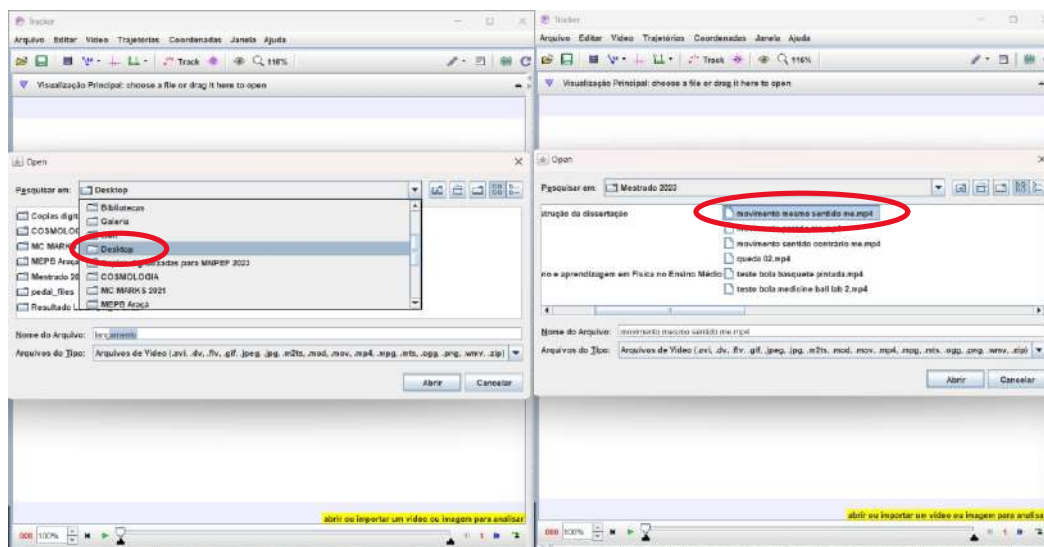
Fonte: Galeria do autor

3.2. Clique em **Arquivo > Importar > Vídeo...** ou no ícone de pasta.



Fonte: Galeria do autor

3.3. Selecione a pasta onde se encontra o vídeo do movimento do projétil, e selecione o vídeo desejado. Certifique-se de que o vídeo esteja em um formato suportado (MP4, AVI, etc.).

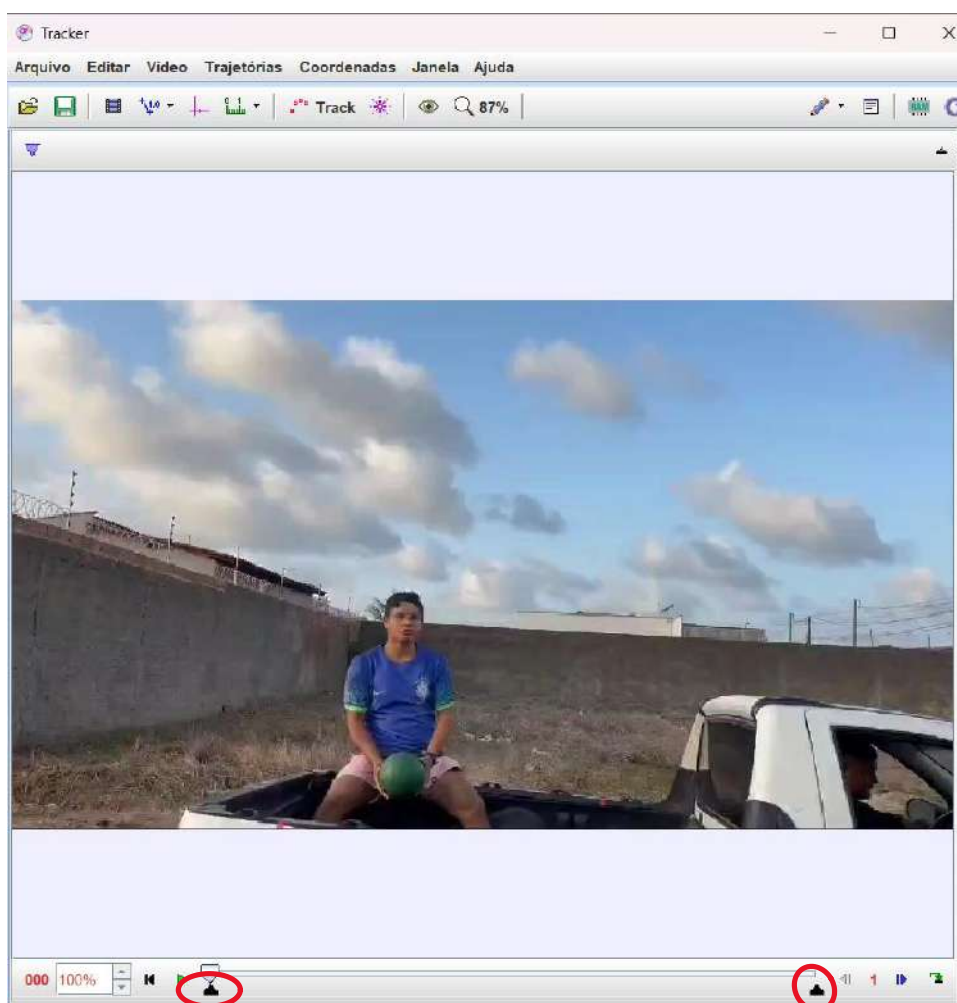


Fonte: Galeria do autor

4. Definição do início e o fim do corte do vídeo.

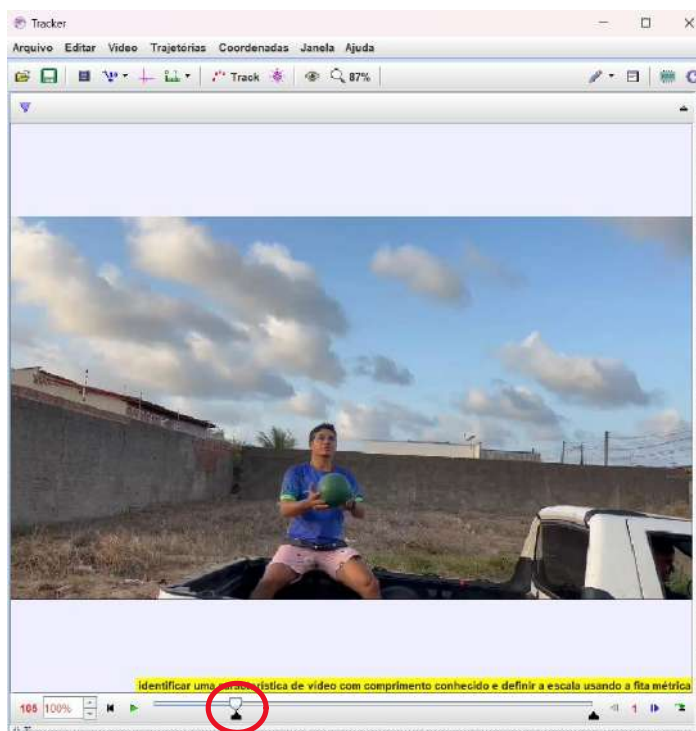
Para obter o início e o fim da parte do vídeo que deseja utilizar, é necessário configurar com o curso do mouse da seguinte forma:

- 4.1. Identifique as marcações em negrito que indicam o início e no fim do vídeo e ficam localizadas abaixo da barra na qual observamos a evolução do vídeo no canto inferior da tela.



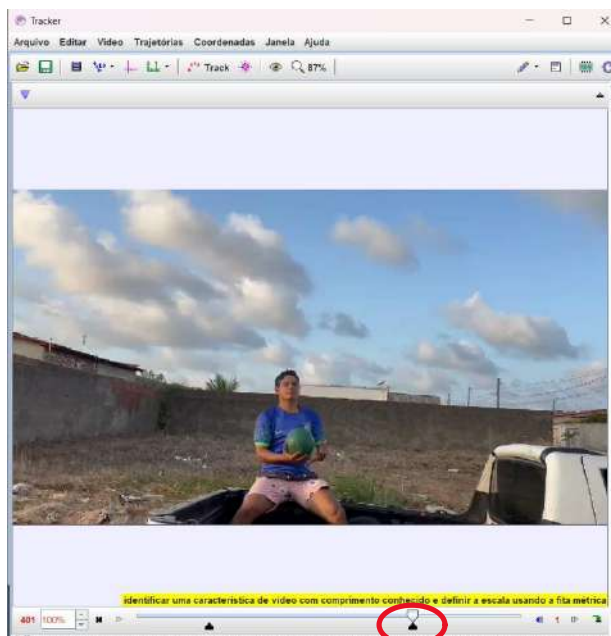
Fonte: Galeria do autor

- 4.2. Clique com o botão esquerdo do mouse na marcação que representa o quadro inicial e arraste para a direita até o local desejado.



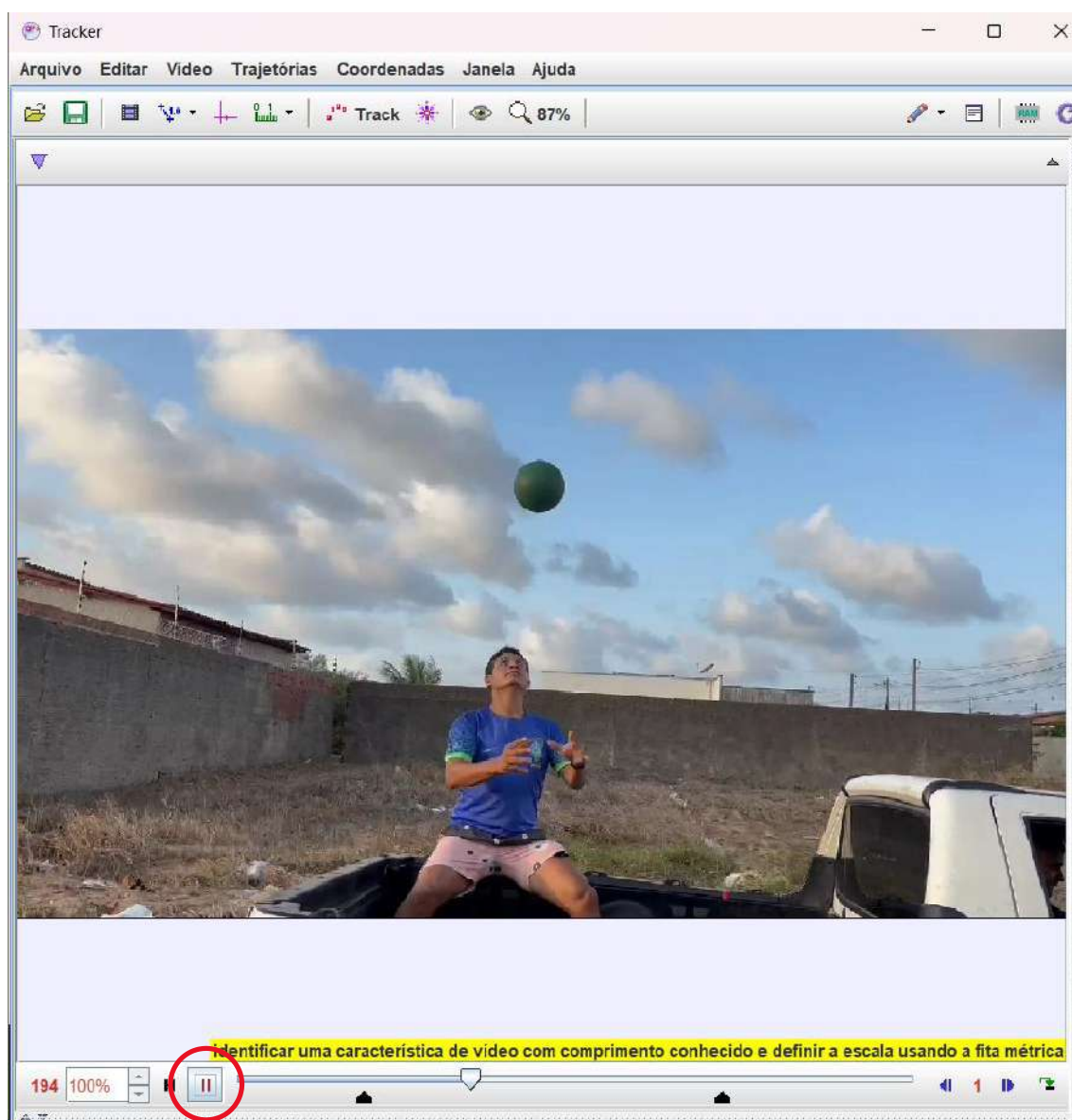
Fonte: Galeria do autor

- 4.3. Repita o procedimento inicial descrito no tópico anterior e arraste a marcação que representa o quadro final para a esquerda até o local desejado.



Fonte: Galeria do autor

- 4.4. Inicie o vídeo e confira se está corretamente ajustado. Caso não esteja, repita os passos 4.3 e/ou 4.4 para deixar da forma correta.

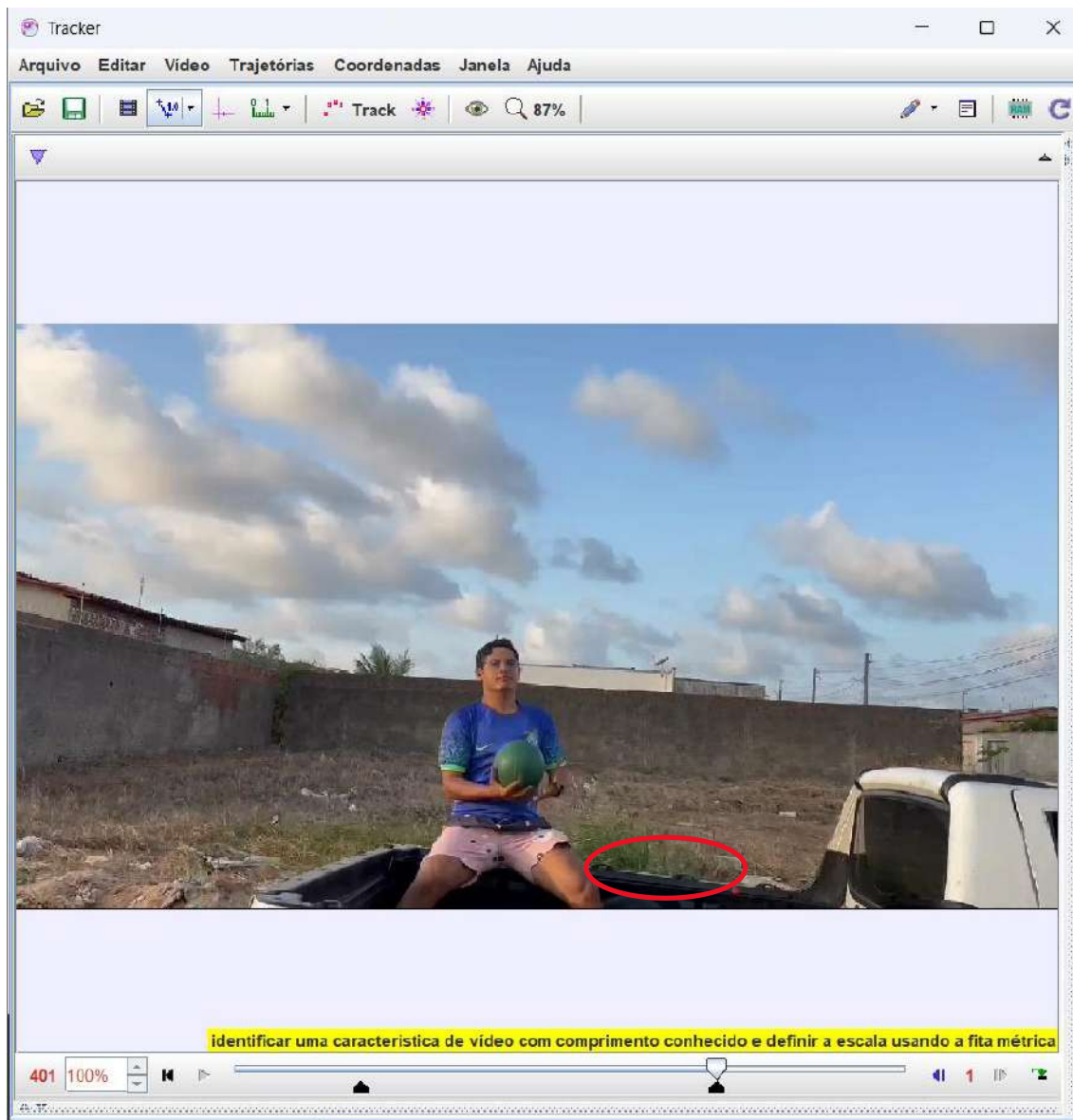


Fonte: Galeria do autor

5. Configuração da Escala

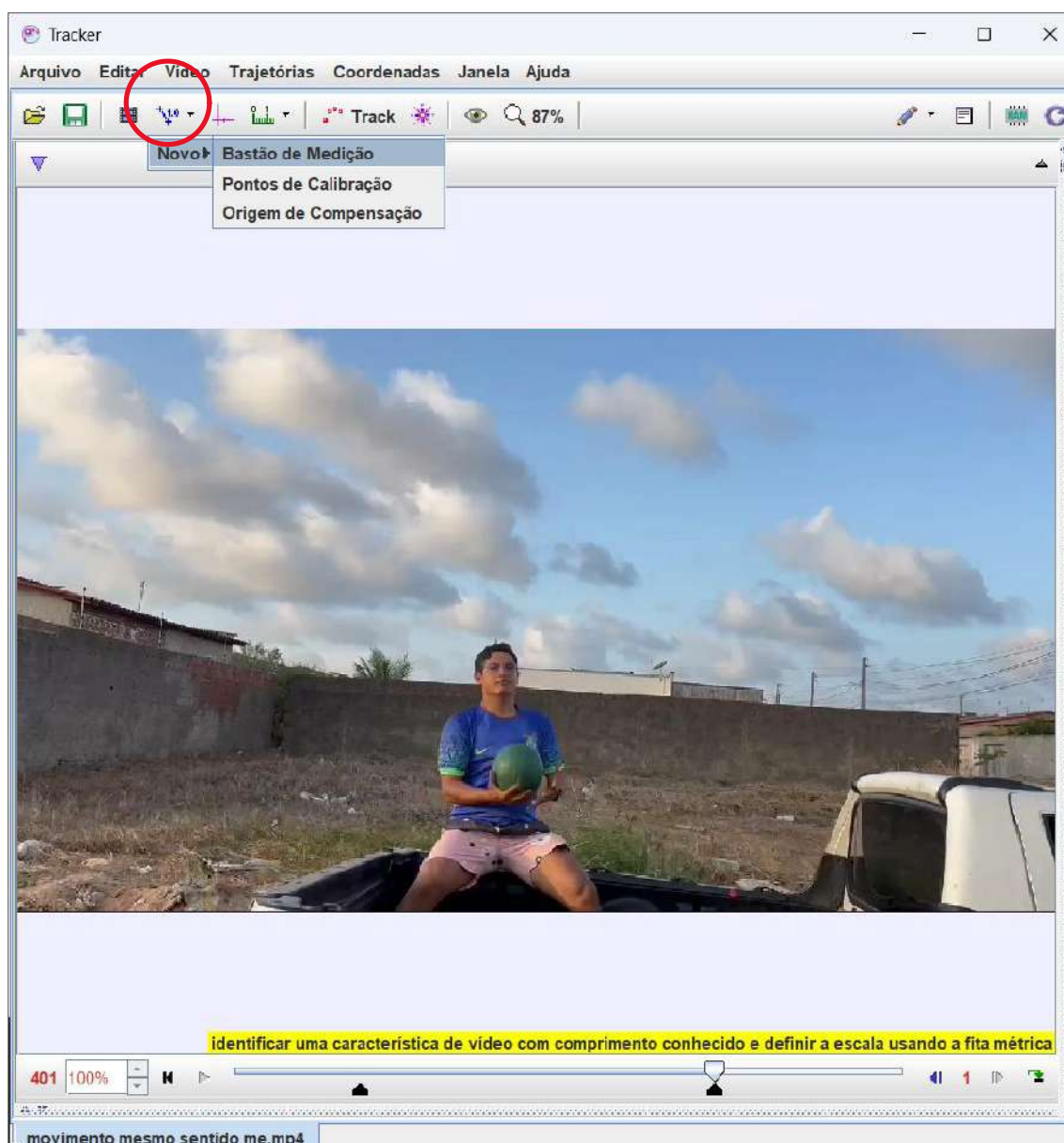
Para obter medições reais, é necessário configurar a escala:

- 5.1. Identifique um objeto no vídeo com tamanho conhecido (ex.: uma régua ou um marcador).



Fonte: Galeria do autor

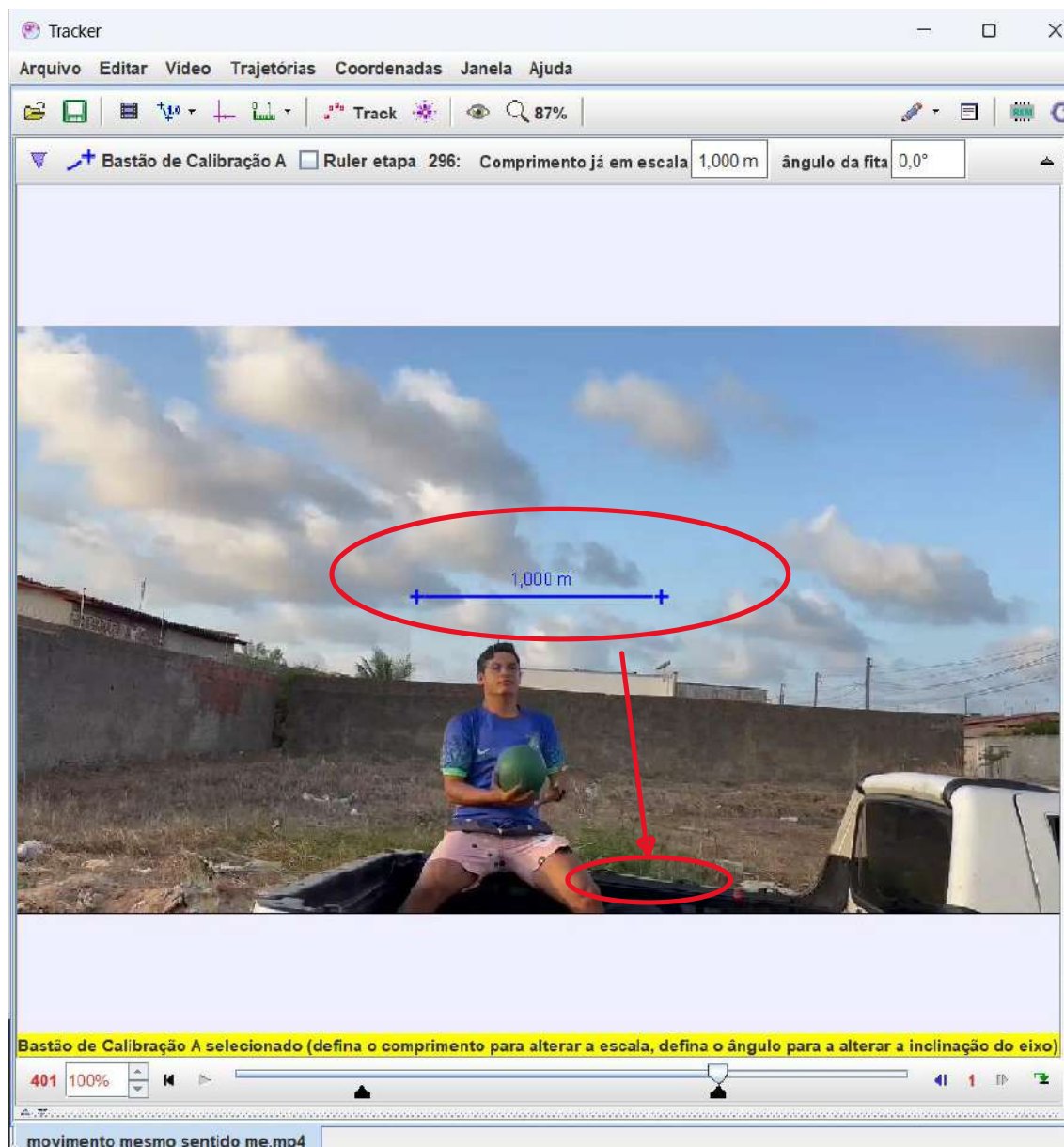
- 5.2. Clique no ícone **Tape Measure** (régua).



Fonte: Galeria do autor

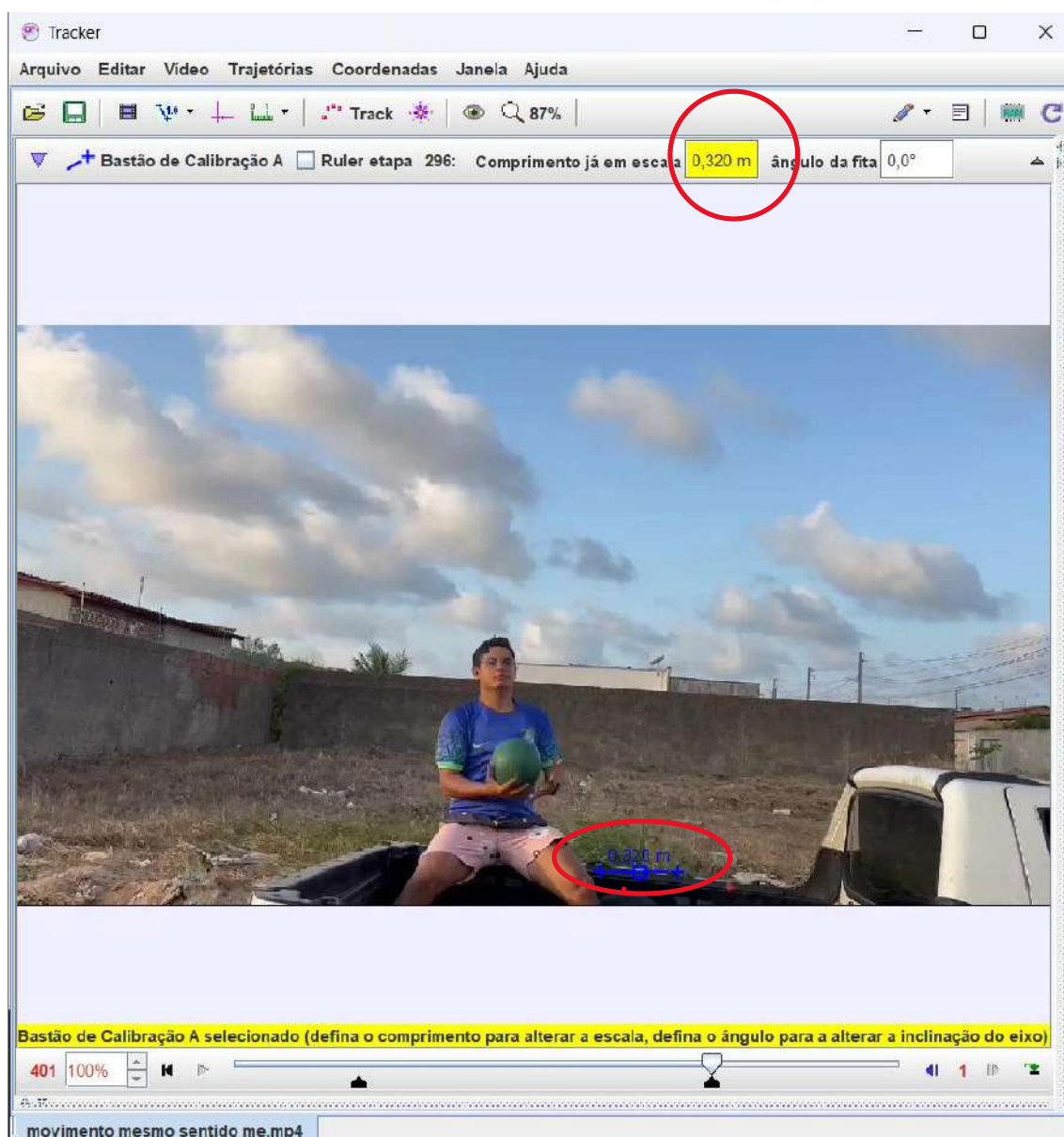
5.3. Arraste a linha da régua virtual para o local onde existe a referência do tamanho real, clicando nas extremidades da régua virtual organize o

tamanho dela, de forma a corresponder ao tamanho do referencial conhecido.



Fonte: Galeria do autor

5.4. Insira o valor real do comprimento na janela de configuração.



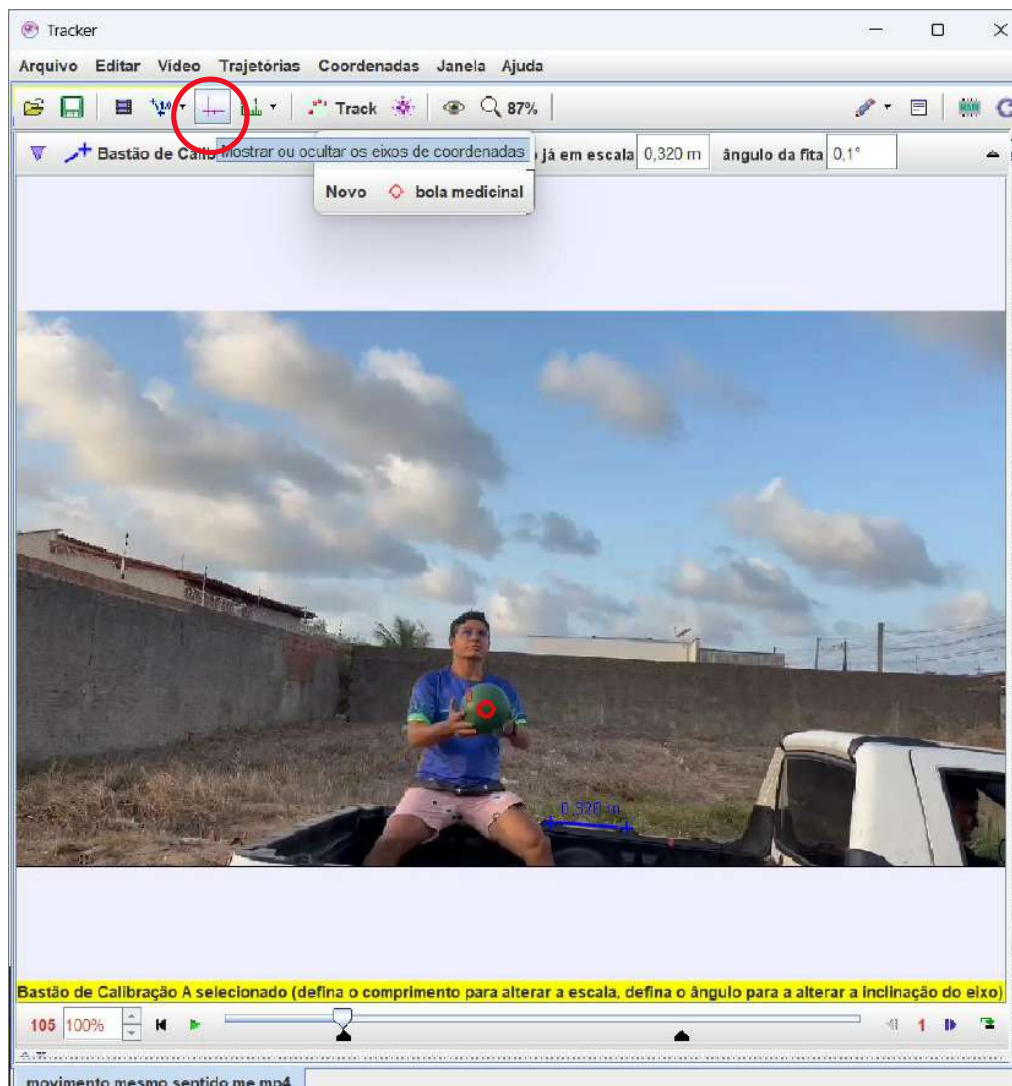
Fonte: Galeria do autor

6. Configuração dos Eixos de Coordenadas

Para obter melhores resultados, é necessário configurar os eixos de coordenadas:

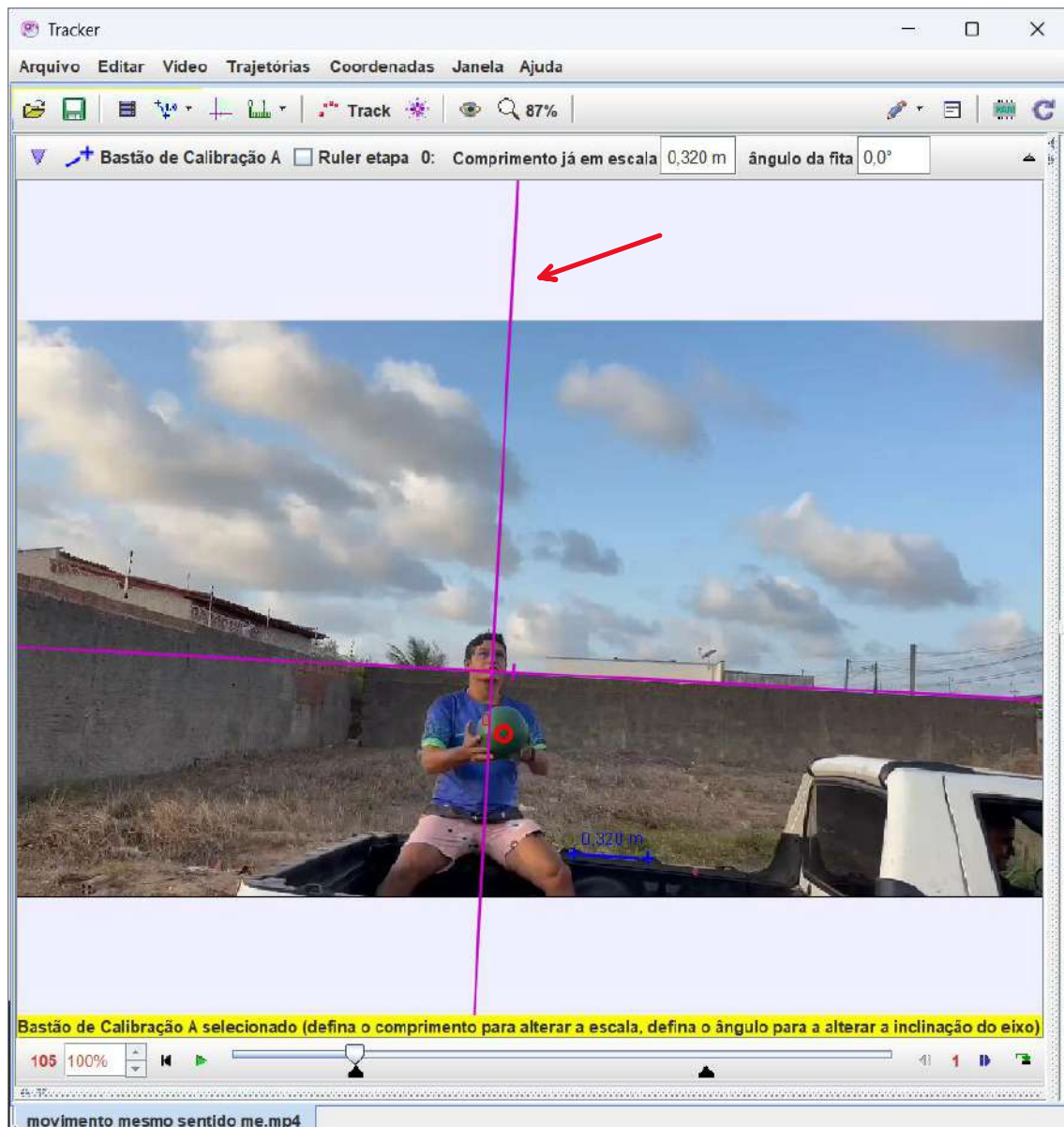
6.1. Identifique um objeto no vídeo que melhor oriente quanto a posição correta de um dos eixos, horizontal ou vertical (ex.: uma linha formada por um muro).

6.2. Clique no ícone **Mostrar ou Ocultar os Eixos de Coordenadas**.



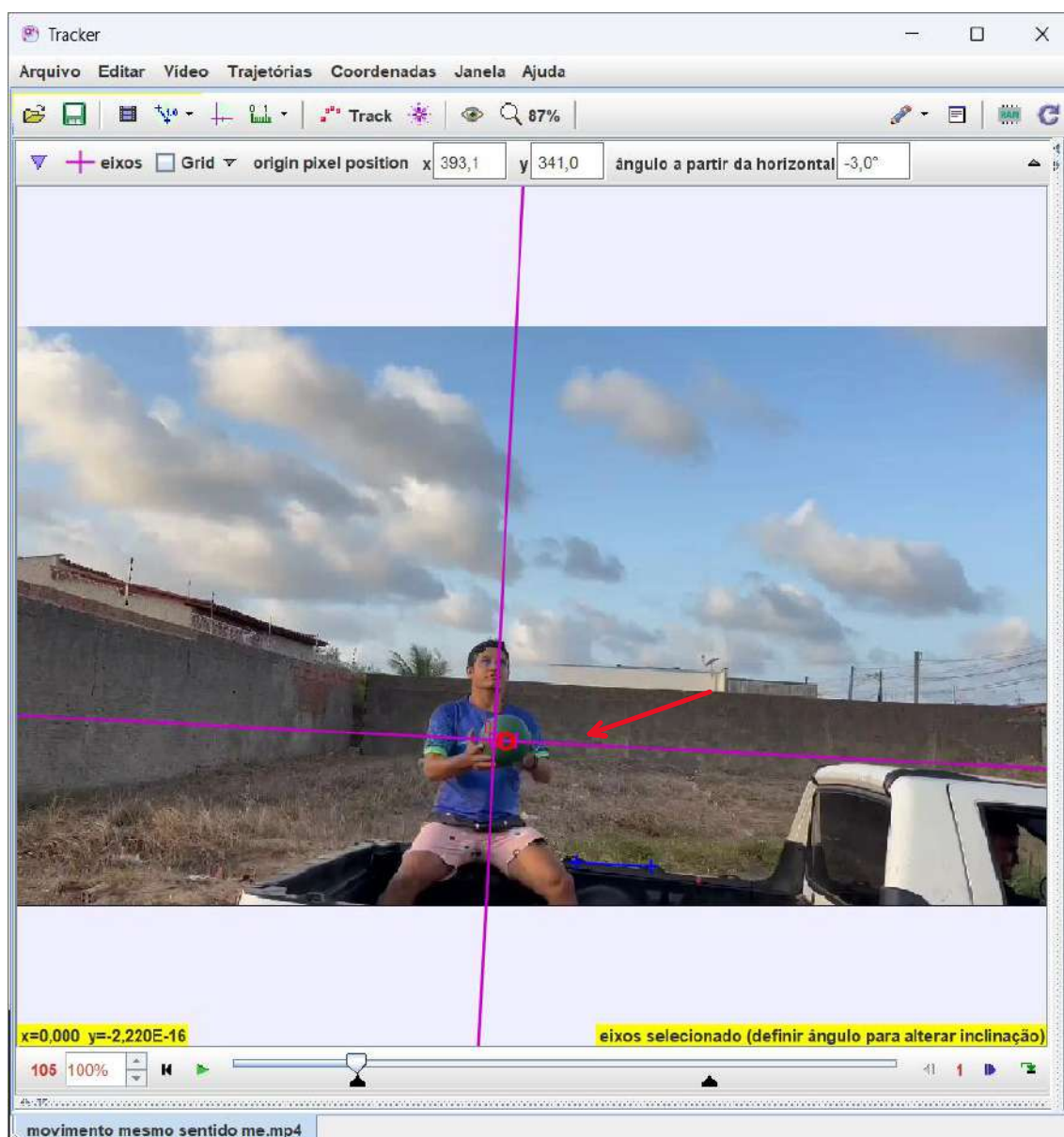
Fonte: Galeria do autor

6.3. Arraste os eixos de coordenadas para que a linha do eixo correspondente ao existente e escolhido no vídeo se sobreponha.



Fonte: Galeria do autor

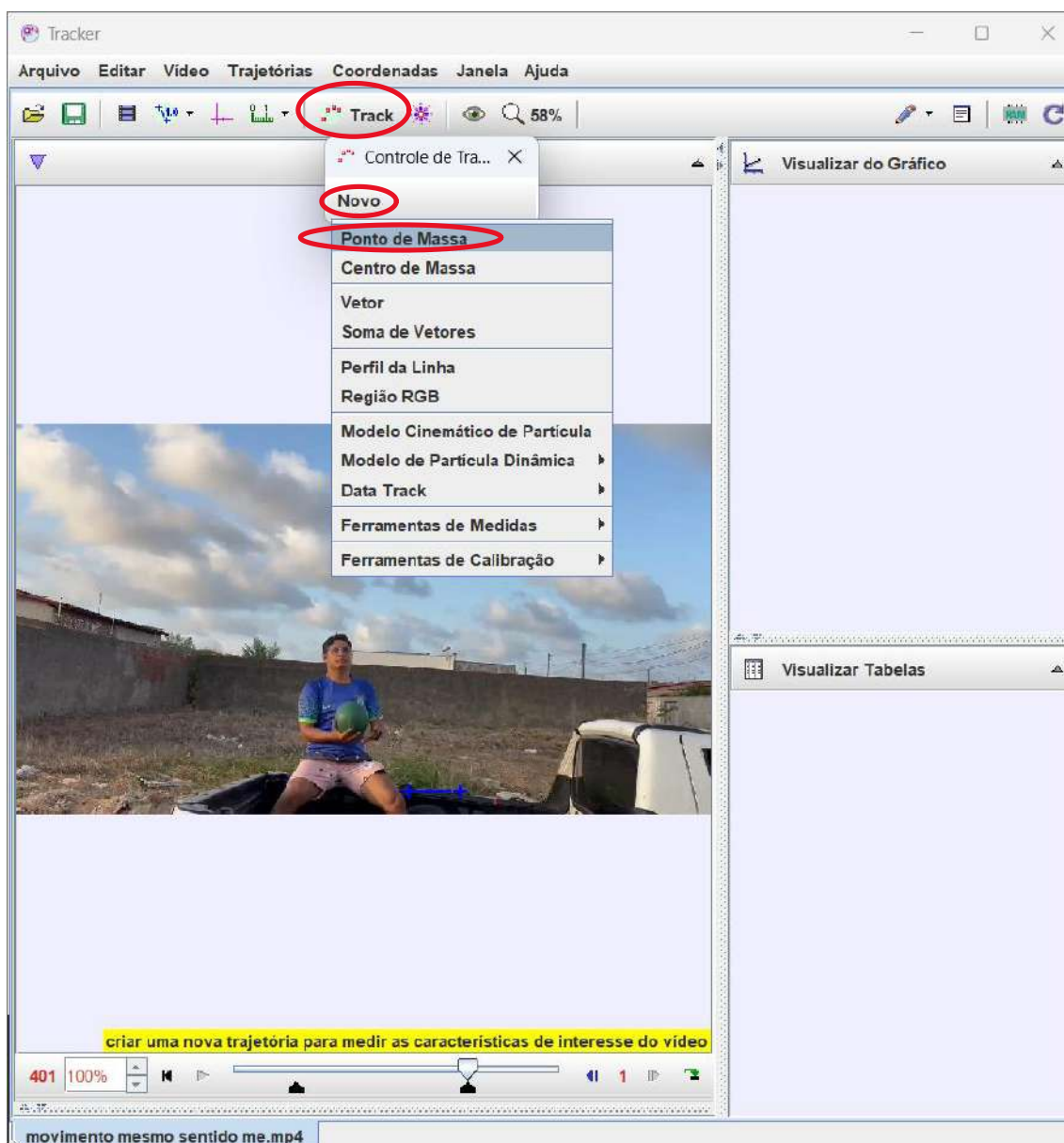
6.4. Arraste o centro dos eixos de coordenadas para a posição mais adequada sem modificar o alinhamento previamente estabelecido.



Fonte: Galeria do autor

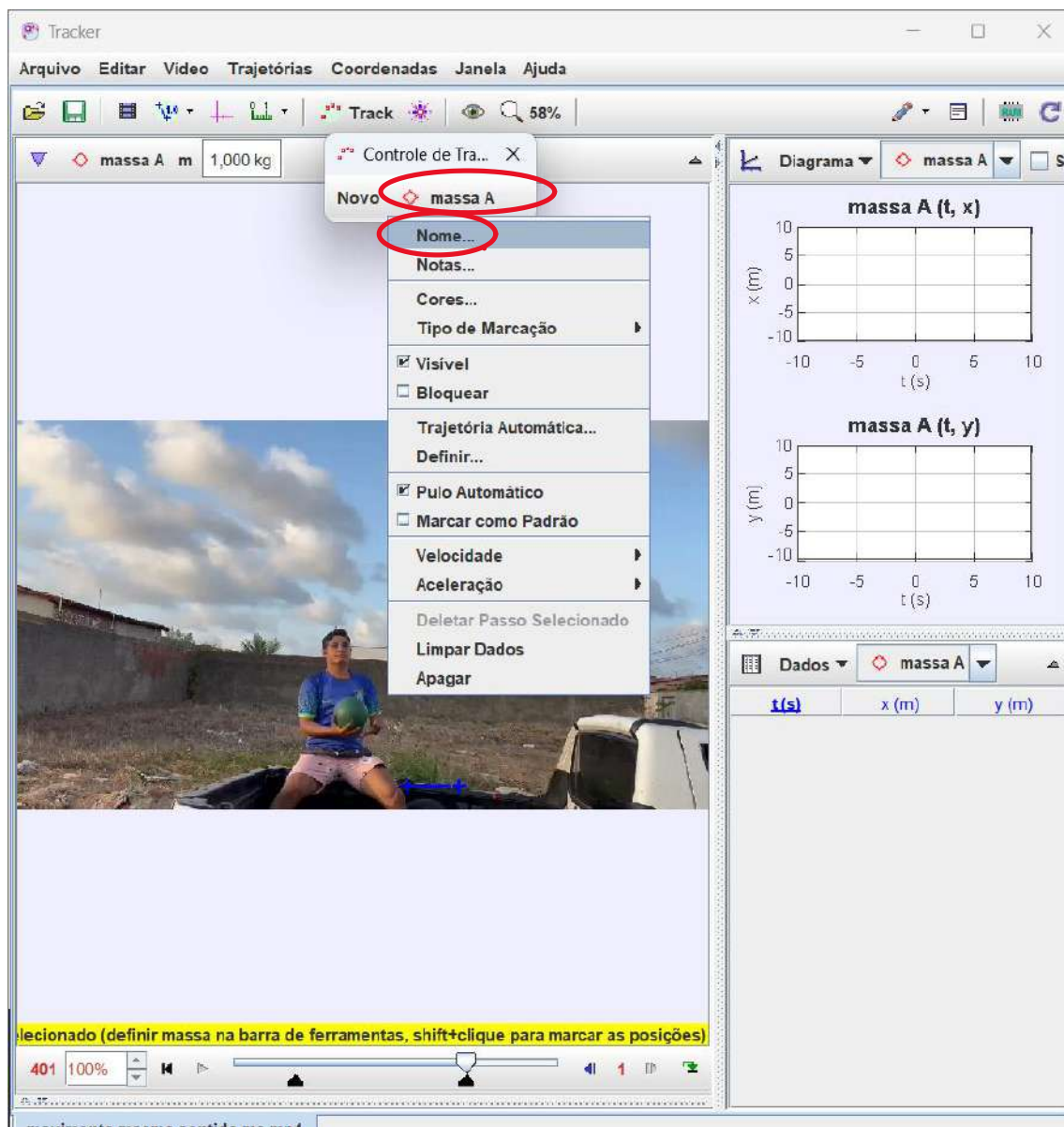
7. Marcação dos Pontos de forma manual

7.1. Clique no ícone **Track > Novo > Ponto de Massa** para criar um ponto de rastreamento.



Fonte: Galeria do autor

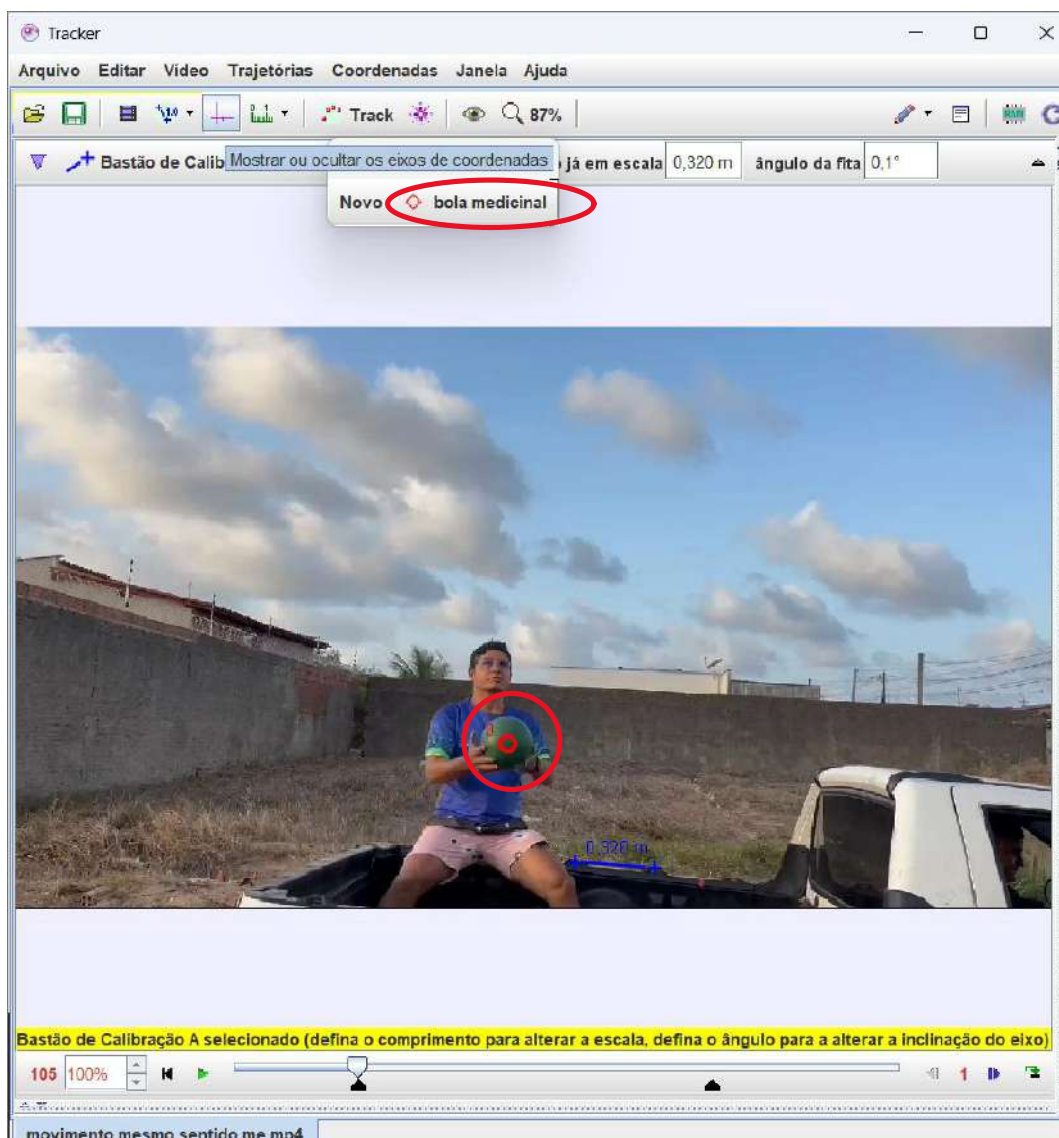
7.2. Caso deseje pode renomear o ponto de massa que aparece inicialmente como **massa A**, clicando no ícone **massa A > nome**.



Fonte: Galeria do autor

- 7.3. Avance o vídeo para o primeiro frame onde o projétil está visível (caso não tenha feito os ajustes de início e fim do vídeo).
- 7.4. Clique no ícone **massa A** (ou já renomeado a seu gosto) > **marca como padrão**.

7.5. Clique no centro do projétil para marcá-lo.



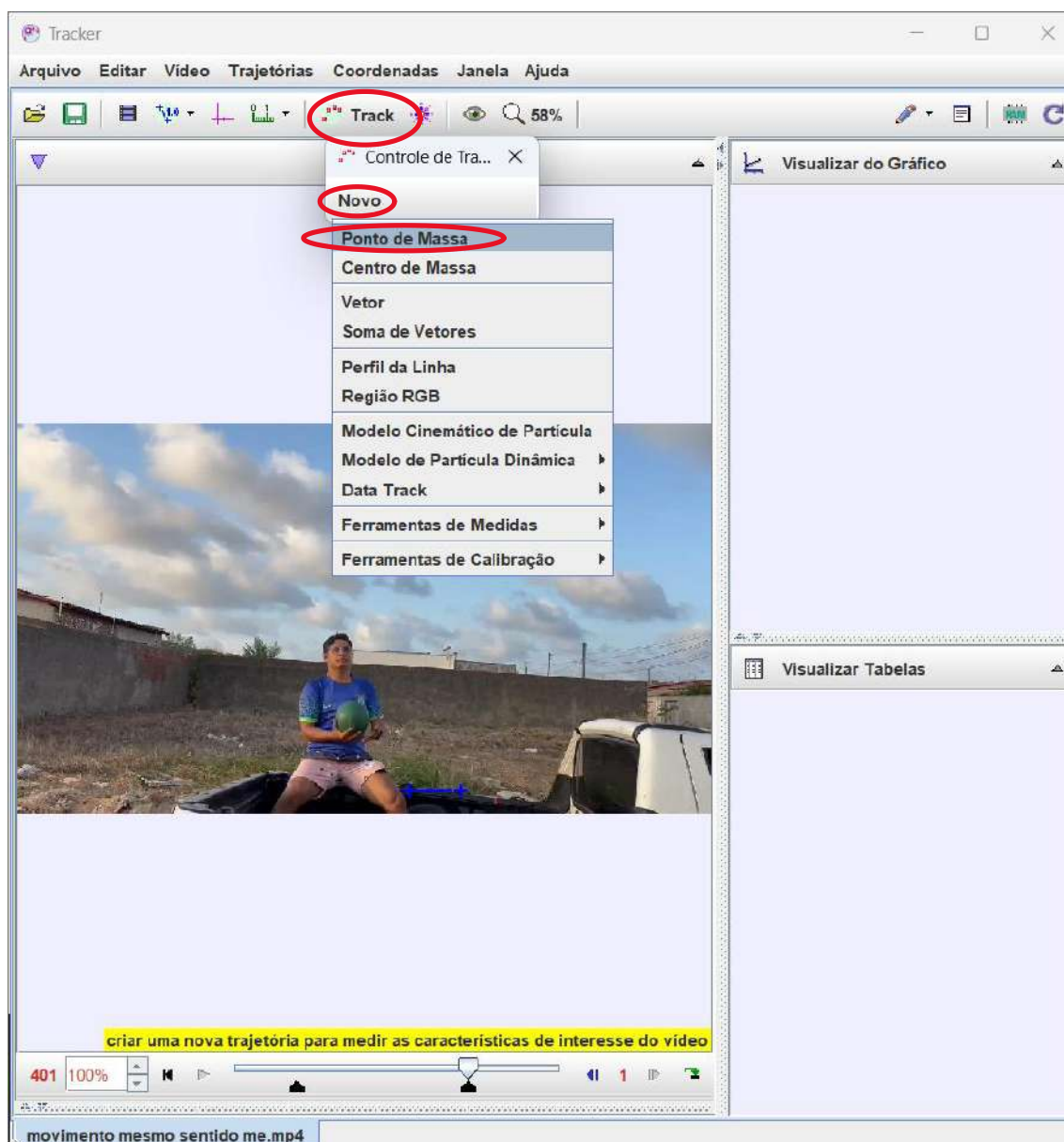
Fonte: Galeria do autor

7.6. Use as setas do teclado ou o botão “Próximo Frame” para ir ao próximo frame.

7.7. Repita o processo de marcação para cada frame até concluir todo o movimento a ser estudado presente no vídeo.

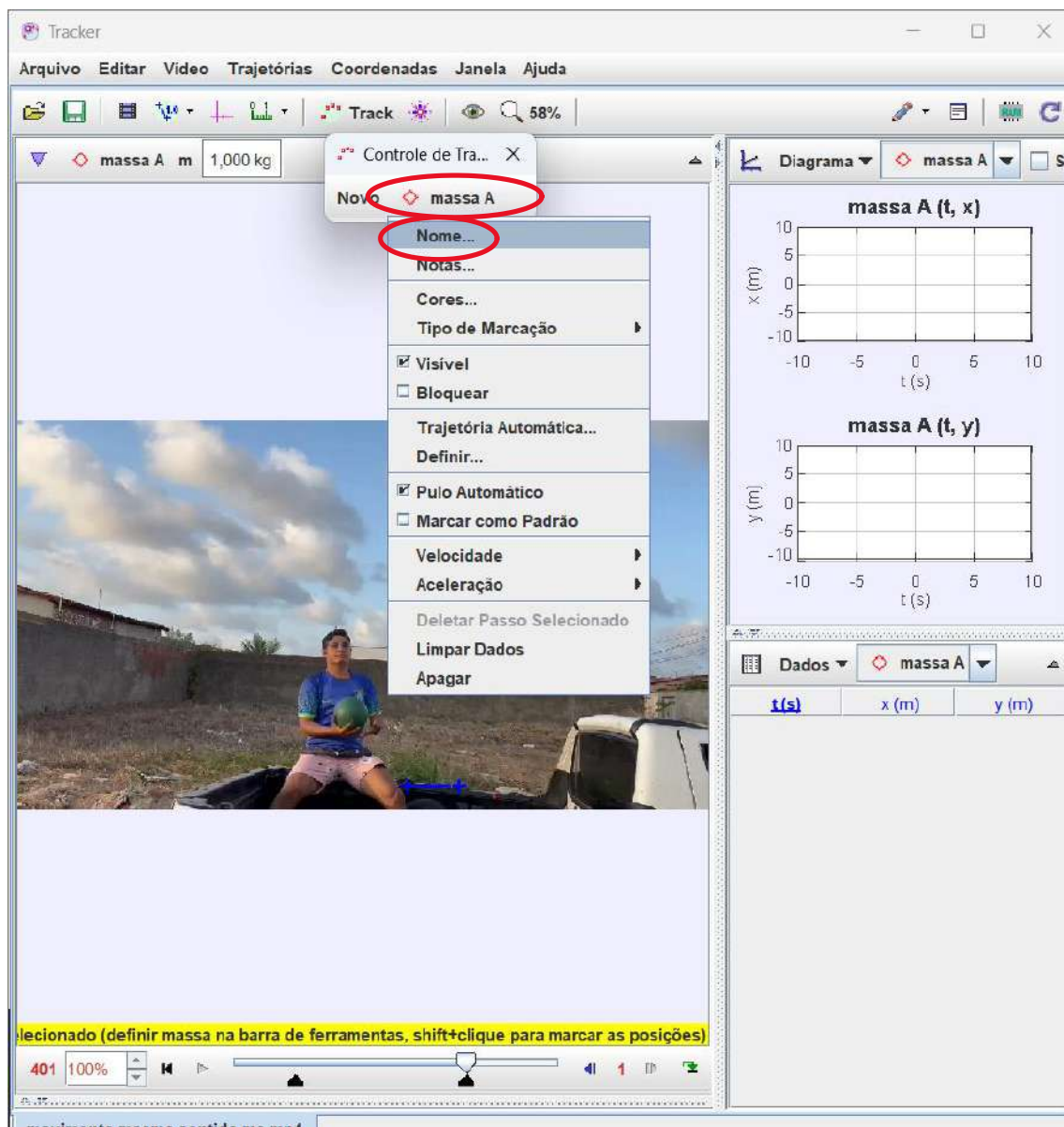
8. Marcação dos Pontos de forma automática

8.1. Clique no ícone **Track > Novo > Ponto de Massa** para criar um ponto de rastreamento.



Fonte: Galeria do autor

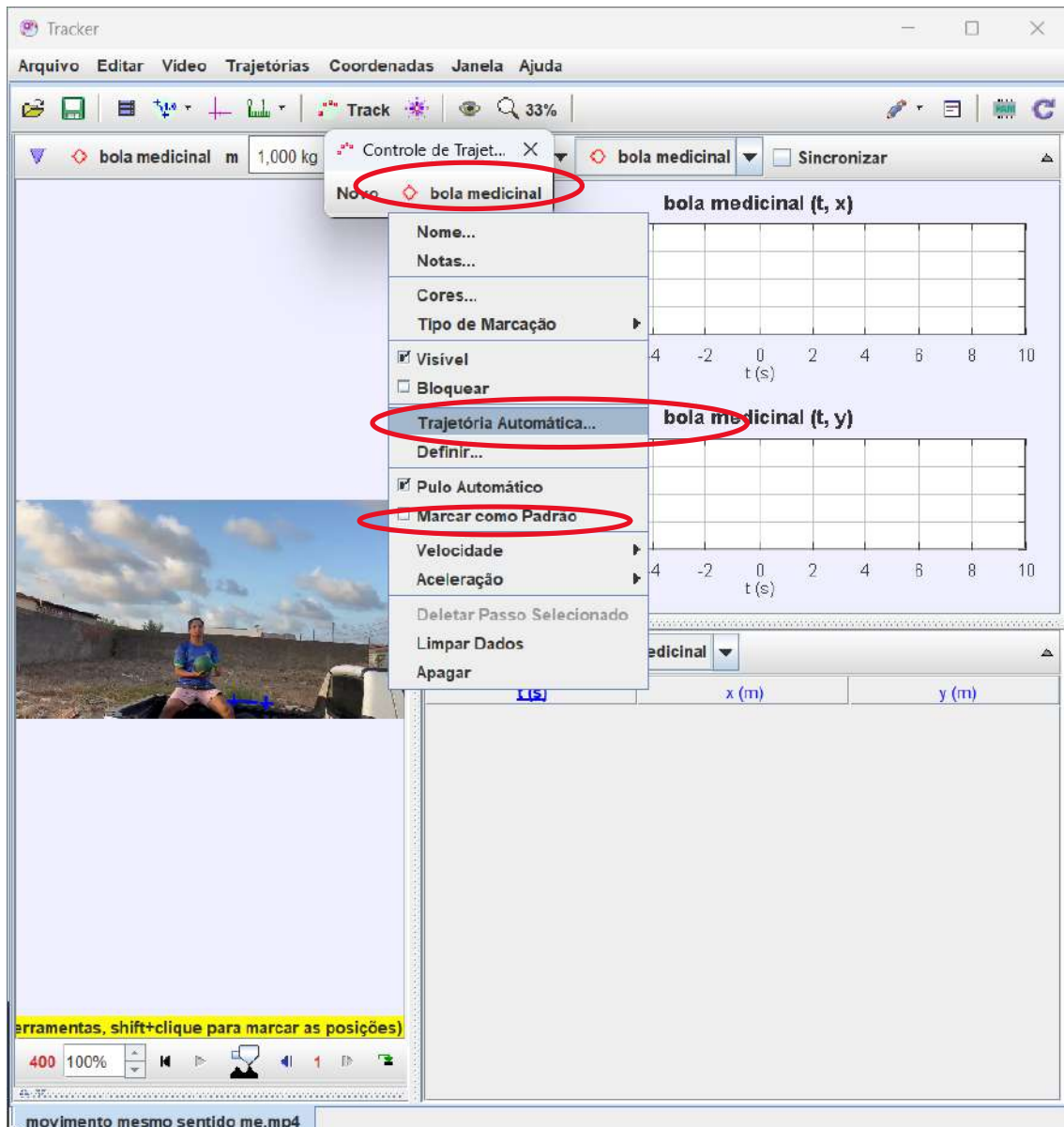
8.2. Caso deseje pode renomear o ponto de massa que aparece inicialmente como **massa A**, clicando no ícone **massa A > nome**



Fonte: Galeria do autor

- 8.3. Avance o vídeo para o primeiro frame onde o projétil está visível (caso não tenha feito os ajustes de início e fim do vídeo).
- 8.4. Clique no ícone **massa A** (ou já renomeado a seu gosto) > **marca como padrão**.

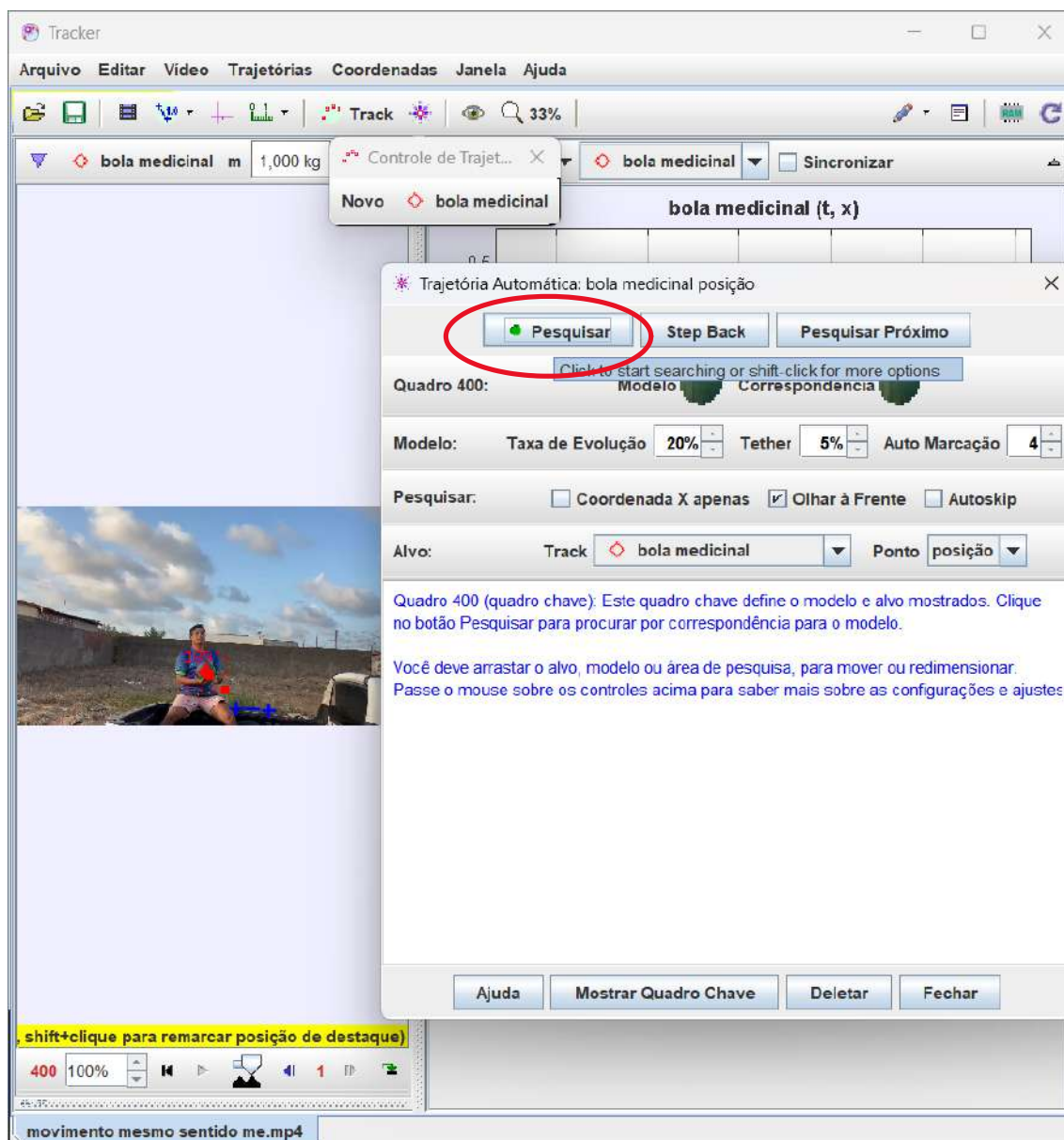
8.5. Clique no ícone **massa A** (ou já renomeado a seu gosto) > **trajetória automática**.



Fonte: Galeria do autor

8.6. Clique nos botões **Ctrl + Shift** e leve o curso do mouse até o centro do projétil para marcá-lo.

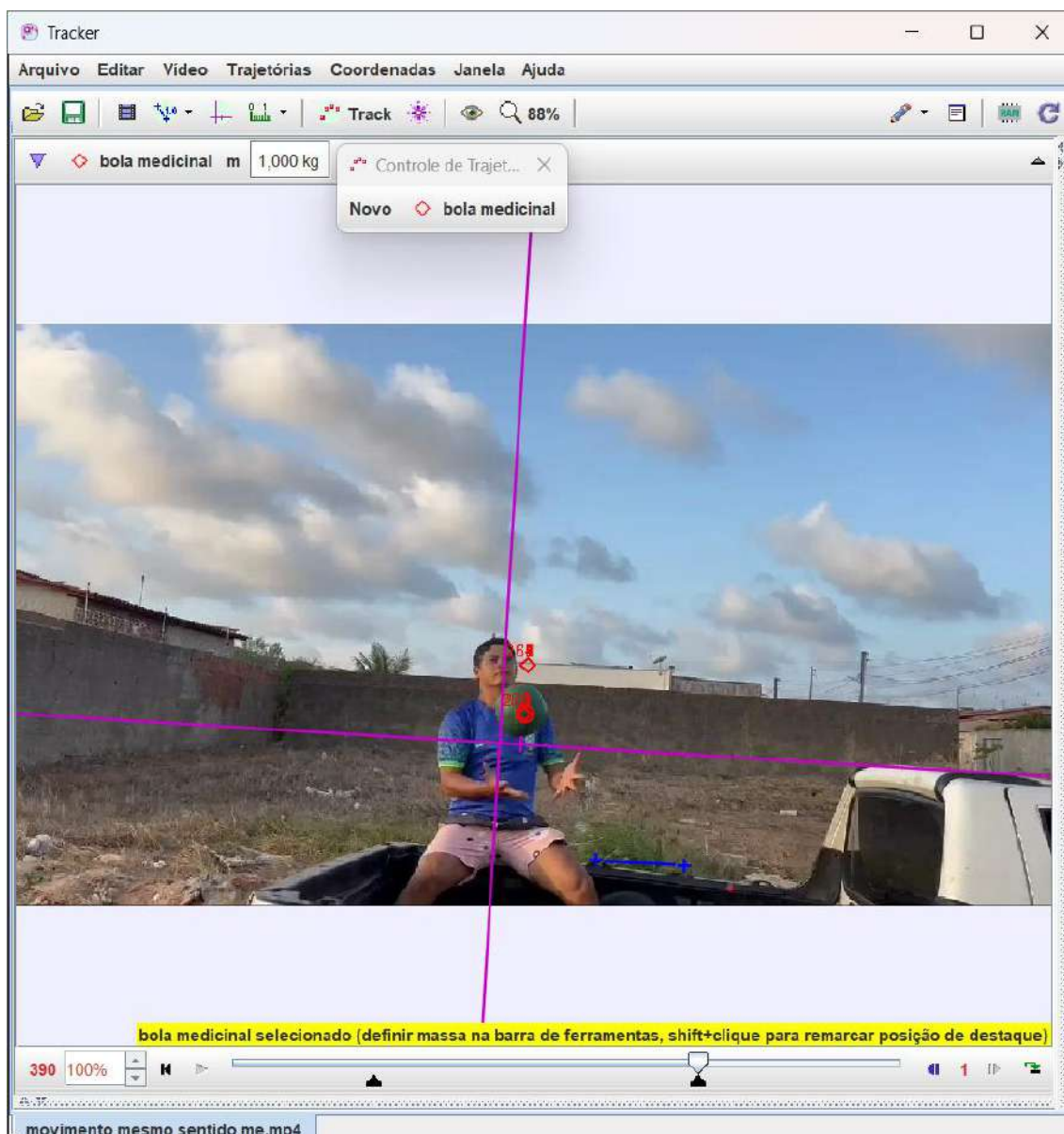
8.7. Aparecerá uma nova janela com o nome **Trajetoória Automática: massa A** (ou já renomeado a seu gosto). Use o curso do mouse para apertar no botão “Pesquisar” para iniciar a coleta dos dados.



Fonte: Galeria do autor

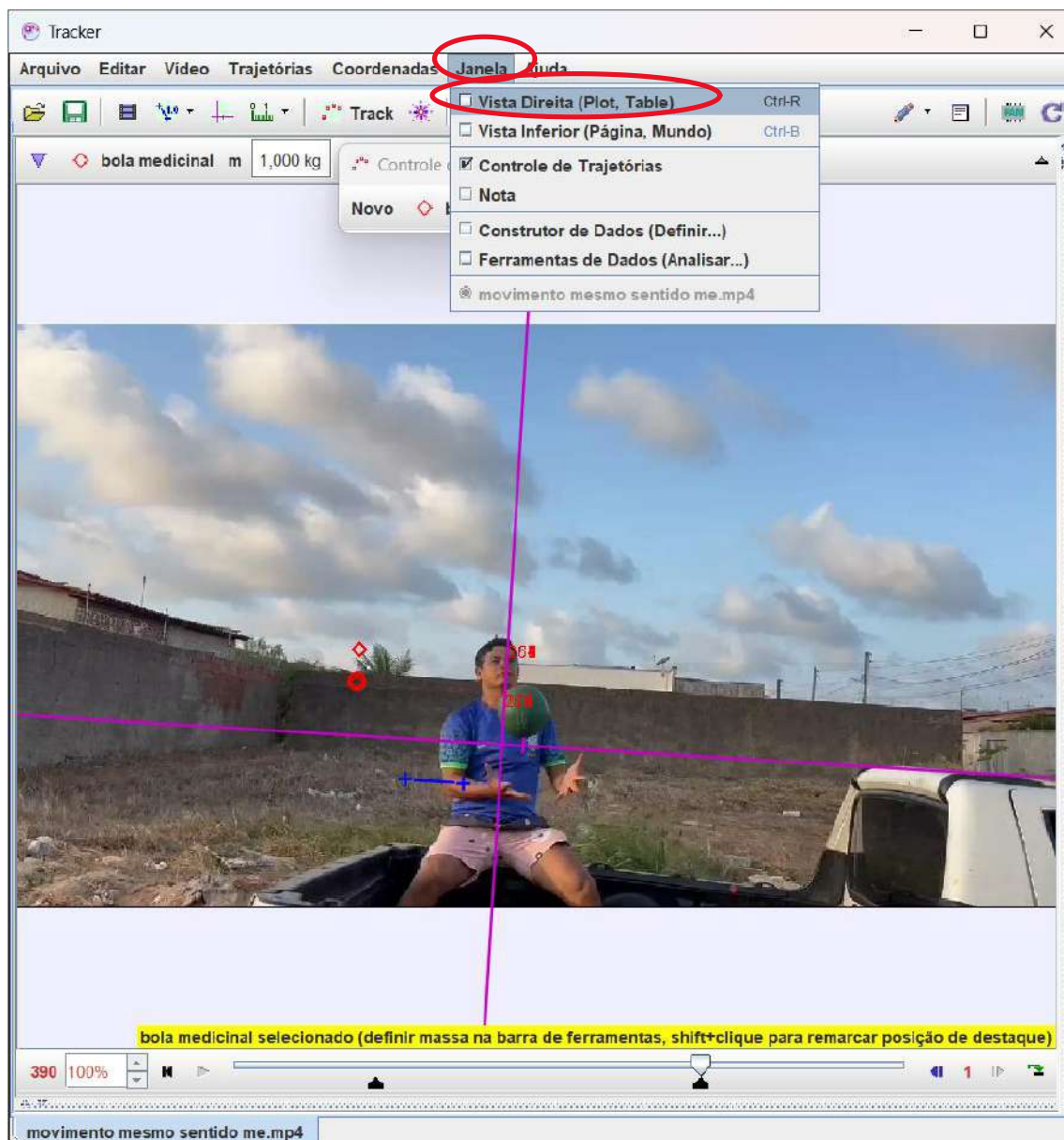
9. Análise de Dados

9.1. Após a marcação, o Tracker gera gráficos automáticos de posição, velocidade e aceleração versos tempo, bem como fornece uma tabela com os dados. Caso não esteja visualizando o gráfico formado, bem como a tabela, conforme exemplifica a imagem abaixo, siga as orientações do tópico 9.2.



Fonte: Galeria do autor

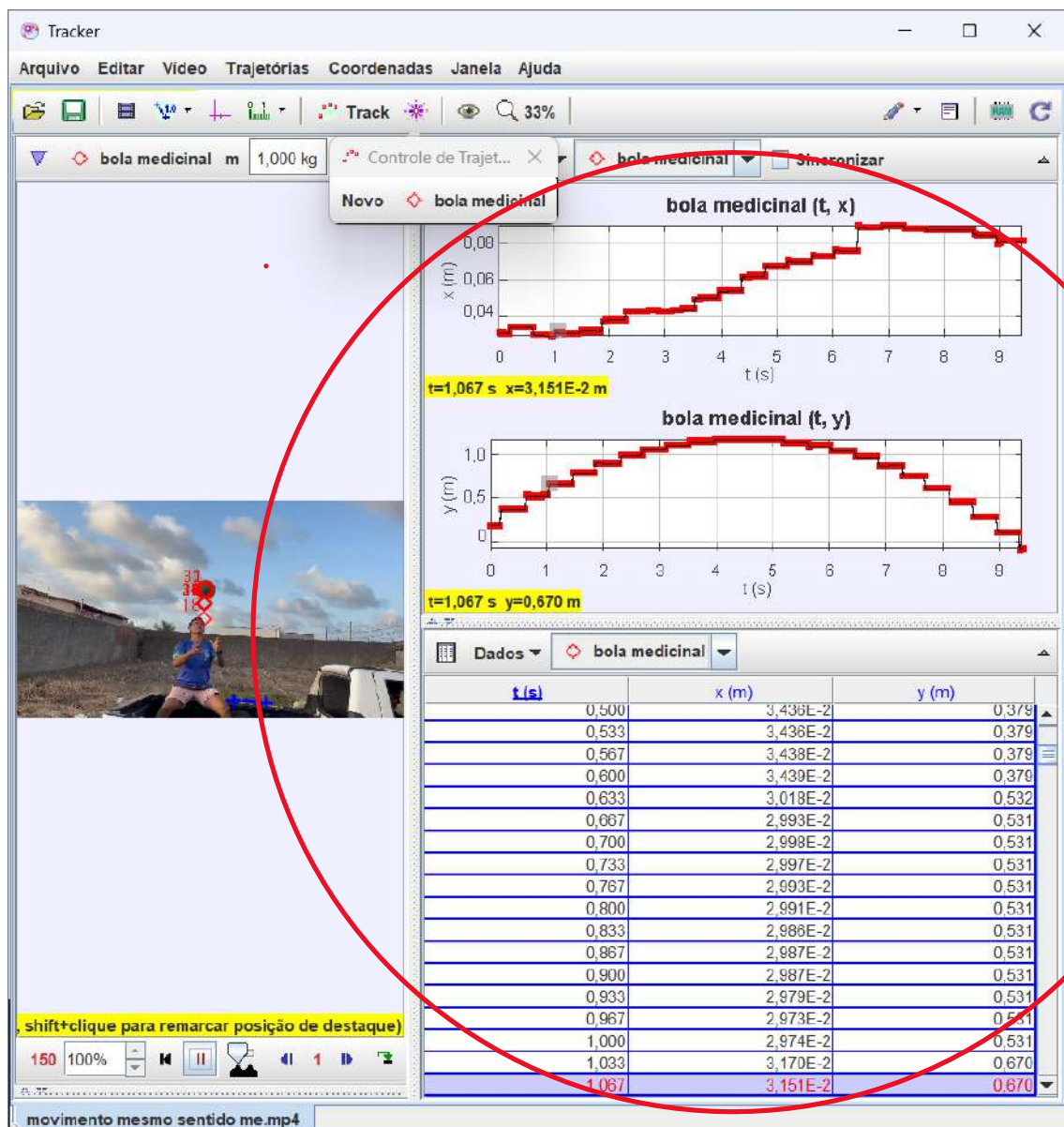
9.2. No Caso da tabela produzida, bem como o gráfico gerado, não estarem visíveis, clique no botão **Janela** na aba superior, vá até a opção **Vista Direita (Plot, Table)** e marque para visualizar o gráfico e a tabela.



Fonte: Galeria do autor

9.3. Ajuste os eixos e unidades, se necessário.

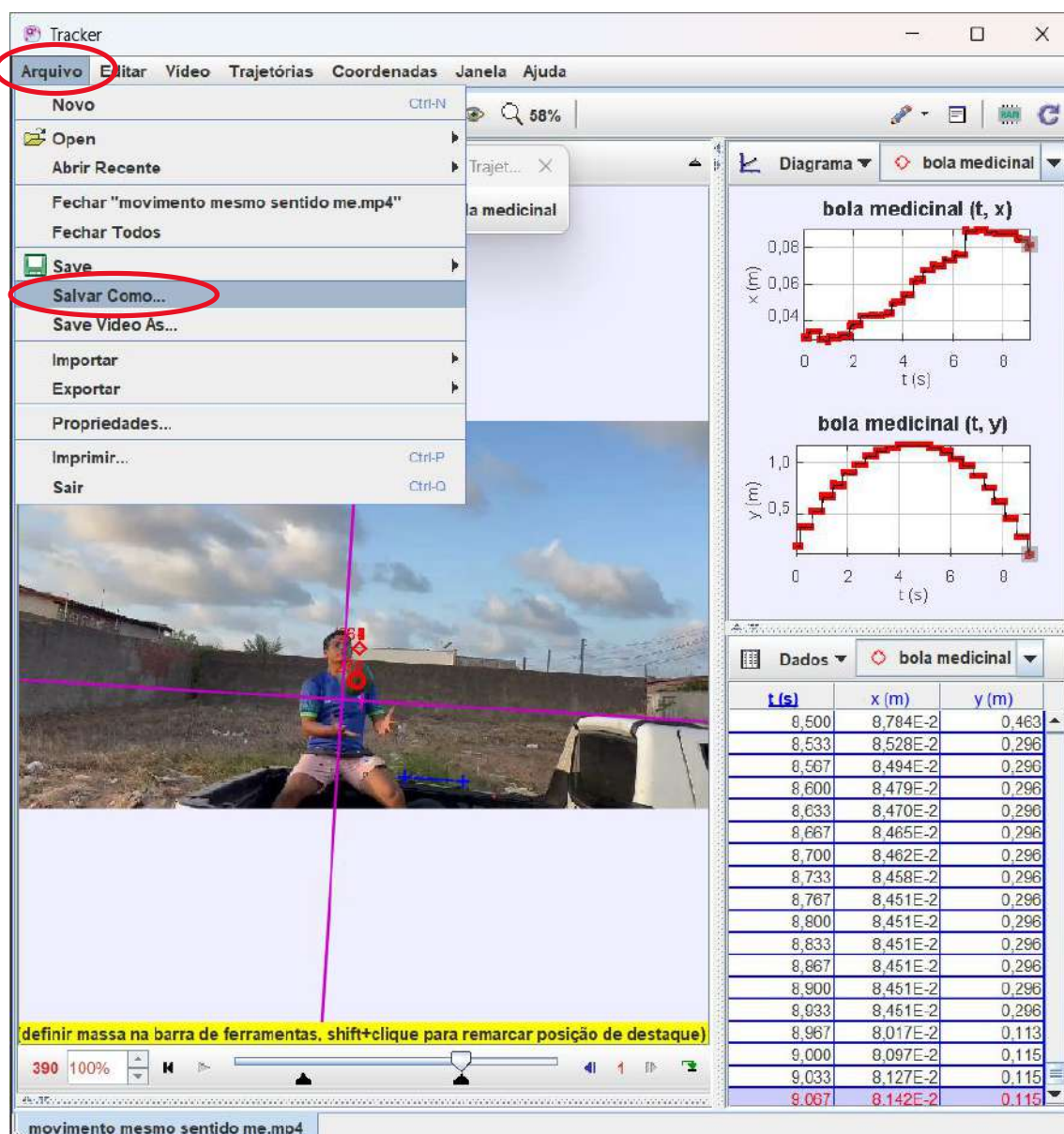
9.4. Use as ferramentas de medição para identificar parâmetros importantes, como o alcance e a altura máxima do projétil.



Fonte: Galeria do autor

10. Exportação dos Resultados

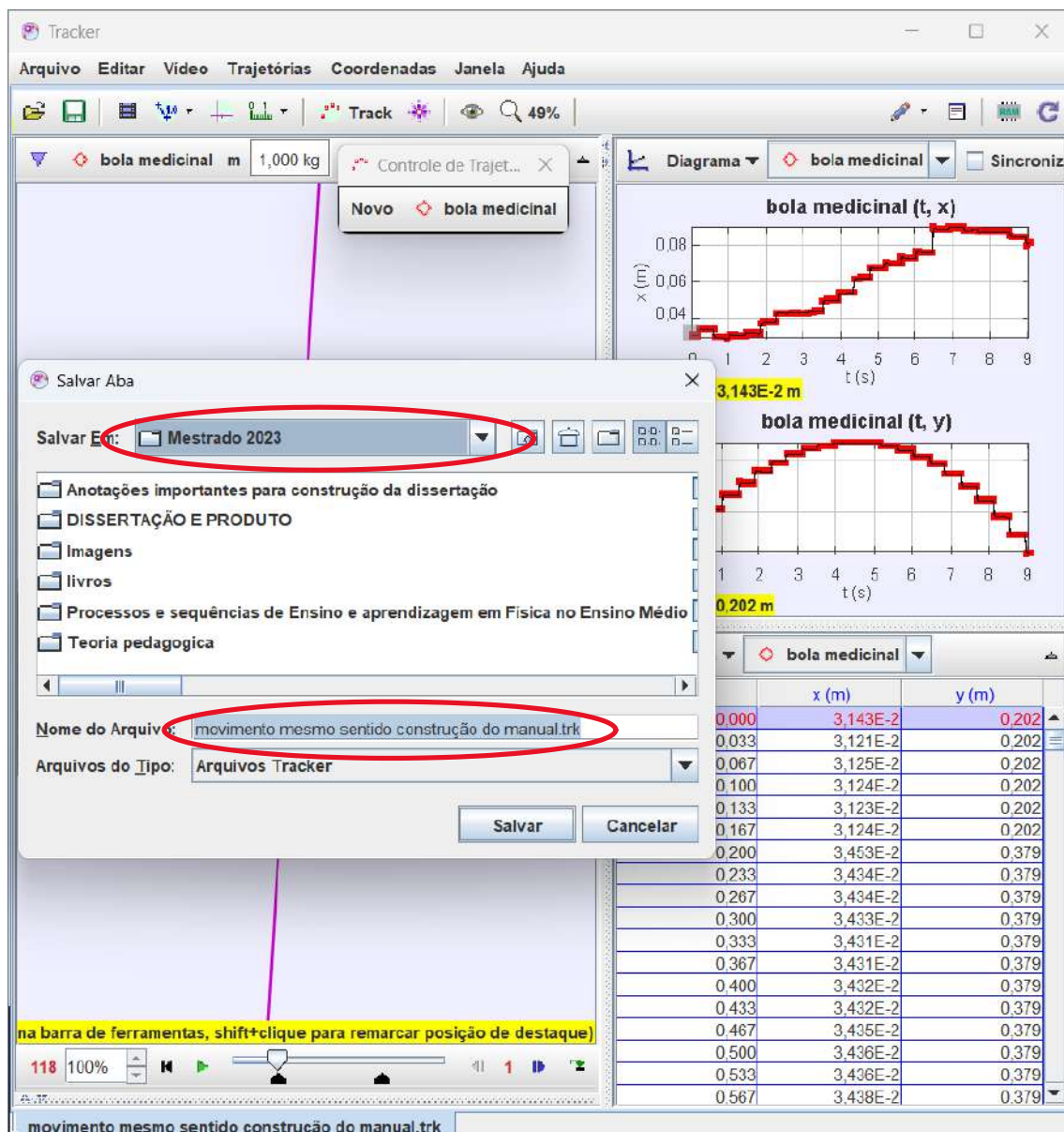
10.1. Para salvar o trabalho, clique em **Arquivo > Salvar Como**



Fonte: Galeria do autor

10.2. Escolha o local que deseja salvar o arquivo, e escreva um nome para identificá-lo. O formato por definição é do tipo **Arquivos Tracker**.

10.3. Salve o arquivo.



Fonte: Galeria do autor

11. Conclusão

Com este manual, você aprendeu a usar o Tracker para analisar o movimento de projéteis. Experimente com diferentes vídeos e ajuste as ferramentas do software para explorar mais aplicações em física.

Caso tenha dúvidas, consulte os tutoriais adicionais disponíveis no site oficial do Tracker. Bons estudos!

APÊNDICE E - QR code e link para acesso aos vídeos 01, 02 e 03.



<https://www.instagram.com/mestrefisico22?igsh=MXU2eGZiZXo0YndqMA==>

APÊNDICE F - PRODUTO EDUCACIONAL

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Cleiton de Souza Nascimento

PRODUTO EDUCACIONAL

VIDEOANÁLISE DE MOVIMENTO DE PROJÉTEIS: UMA UNIDADE
DIDÁTICA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE REFERENCIAL NO
ENSINO MÉDIO.

Natal/RN
2025

Cleiton de Souza Nascimento

**VIDEOANÁLISE DE MOVIMENTO DE PROJÉTEIS: UMA UNIDADE DIDÁTICA
PARA O ENSINO DO CONCEITO DE REFERENCIAL NO ENSINO MÉDIO.**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: VIDEOANÁLISE DE MOVIMENTO DE PROJÉTEIS: UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE REFERENCIAL NO ENSINO MÉDIO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. DSc. Calistrato Soares da Câmara Neto

Natal/RN
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por Sua infinita misericórdia, que me sustentou ao longo de toda esta trajetória e tornou possível a concretização deste trabalho. Nos momentos de dificuldade, busquei n'Ele força, discernimento e perseverança, sendo constantemente exortado e encorajado pelas Escrituras Sagradas. O ensinamento contido em Provérbios 4,7 — “O princípio da sabedoria é: adquira a sabedoria; sim, com tudo o que possuis, adquira o entendimento” (BÍBLIA, Provérbios, 4,7) — serviu como guia e motivação, reforçando a convicção de que a verdadeira sabedoria deve ser buscada acima de todas as coisas. Nesse mesmo sentido, conforme expresso em Tiago 1,5–8, compreendo que Deus concede sabedoria àqueles que a procuram com sinceridade e fé, princípio que norteou minha caminhada acadêmica e pessoal durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, Josefa Araújo de Souza Nascimento e Rufo Batista do Nascimento, expresso minha profunda gratidão por serem, ao longo de toda a minha trajetória, meu porto seguro, bem como por proporcionarem as condições e os valores necessários para que eu tivesse acesso a uma educação sólida e de qualidade, além de contribuírem decisivamente para a minha formação como cidadão íntegro e consciente de minhas responsabilidades.

À minha esposa, Hidaiany Nunes da Silva Souza, e aos meus filhos, Ícaro Nascimento Nunes e Caleb Nascimento Nunes, expresso minha sincera gratidão pela paciência, compreensão e apoio demonstrados diante da necessidade de um isolamento social momentâneo, imprescindível para a dedicação aos estudos e à realização deste trabalho.

Aos amigos e familiares, agradeço pelo apoio constante e pela participação na organização e realização da experiência desenvolvida ao longo deste percurso. Estendo, igualmente, minha gratidão aos professores que, de forma ativa e significativa, contribuíram para o meu crescimento acadêmico, por meio de orientações, saberes compartilhados e incentivo permanente à formação científica.

Nas pessoas de Wellington Junior da Conceição e Yuri Gonçalves Rodrigues, expresso minha sincera gratidão aos colegas de mestrado, que compartilharam os momentos de estudo e contribuíram, de forma direta e indireta, para meu crescimento acadêmico e para a ampliação dos conhecimentos construídos ao longo dessa trajetória.

Aos alunos participantes da pesquisa, pela disponibilidade e engajamento, sem os quais este estudo não teria sido possível.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste sonho, deixo aqui minha mais profunda gratidão.

Ao meu orientador, Prof. DSc. Calistrato Soares da Câmara Neto, registro minha profunda e sincera gratidão pelo suporte constante e pela disponibilidade demonstrada ao longo de todas as etapas deste trabalho. Agradeço, especialmente, pela orientação atenta e comprometida, seja por meio da condução cuidadosa nos momentos que exigiram maior direcionamento, seja pelas intervenções firmes e necessárias, que reforçaram a importância da dedicação praticamente exclusiva para a adequada condução e conclusão desta pesquisa.

Por fim, 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. Apresentação	6
2. Produto educacional	8
2.1 MATERIAIS UTILIZADOS	9
2.2 REALIZAÇÃO DA EXPERIENCIA PARA ELABORAÇÃO DOS VÍDEOS..	12
2.3 MANUAL AUTOEXPLICATIVO: ANÁLISE DE VÍDEOS COM LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS NO SOFTWARE TRACKER.....	23
3. SUGESTÃO PARA ORGANIZAÇÃO E ANDAMENTO DAS AULAS.....	51
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5. REFERÊNCIAS	69
Apêndice A – Questionário de problematização.	72
Apêndice B – Atividade de fixação.	75
Apêndice C – Avaliação.	77
Apêndice D – QR code e link para acesso aos vídeos 01, 02 e 03.	79

1. Apresentação

Caro professor,

O produto educacional é uma unidade didática, com a proposta de estudo de parte da mecânica clássica, com foco na compreensão dos referenciais. O objetivo é potencializar o interesse dos estudantes, promovendo a apropriação dos conhecimentos físicos relacionados a esse tema, que surge no início do primeiro ano do ensino médio, consolidando o que foi aprendido no ensino fundamental. Além disso, busca-se ampliar esse conhecimento, pois o estudo dos referenciais é fundamental não só na mecânica clássica, mas também em áreas como relatividade e física quântica.

Embora o tópico dos referenciais seja bastante comum na física, ele geralmente é abordado de forma rápida e, muitas vezes, com exemplos que exigem do estudante a realização de experiências apenas mentais. Apesar de sabermos que experimentos mentais têm sido uma ferramenta essencial no desenvolvimento da física teórica, fornecendo contribuições valiosas sem a necessidade de experimentação física direta, acreditamos que a proposta aqui apresentada proporciona uma experiência mais concreta. Ao permitir que os estudantes analisem imagens de situações reais com perspectivas diferentes, utilizando software para coleta de dados e construção de gráficos, buscamos possibilitar uma compreensão mais acessível das diferenças oriundas da localização geográfica do observador, ou seja, do referencial.

O “Tracker” é um software livre que trabalha com a linguagem Java para análise e modelagem de movimentos gravados em vídeo. Ele tem sido proposto como alternativa para a coleta e análise de dados experimentais. Também podemos considerar O Tracker por ser um programa não proprietário utilizado para o desenvolvimento de vídeo-análise, estando ele disponível na internet e podendo ser utilizado para o ensino de diferentes áreas da Física.

Nos últimos anos, a vídeoanálise tem se destacado como uma ferramenta poderosa tanto para pesquisa quanto para o ensino de física. Esta tecnologia permite a coleta de dados diretamente de vídeos reais de experimentos, transformando imagens em informações quantitativas que podem ser analisadas com precisão. Além disso, a capacidade de gerar gráficos a partir dessas análises torna os softwares de vídeo análise uma abordagem moderna e eficiente para investigar fenômenos físicos.

Acreditamos que a utilização de softwares de vídeoanálise será um recurso importante na construção do conhecimento dos estudantes, pois, como reconhecem autores renomados como Richard Feynman, Douglas Brown, Rainer Kassing, Eric Mazur e Randall Knight, essas ferramentas não apenas melhoram a compreensão dos fenômenos físicos, mas também tornam o processo de ensino e aprendizado mais interativo e envolvente. Ao integrar essas ferramentas tecnológicas à prática pedagógica, podemos transformar o aprendizado em algo mais dinâmico e participativo.

Com a aplicação deste produto educacional, esperamos alcançar uma maior interação dos alunos com o conteúdo, além de maximizar o aproveitamento do tempo de estudo e potencializar a apropriação do conhecimento teórico. A metodologia que envolve o uso de software de vídeoanálise permitirá que os alunos visualizem e compreendam de maneira mais clara as diferenças nos movimentos dos projéteis observados de diferentes referenciais. Esta abordagem prática visa proporcionar uma experiência mais concreta do que o simples uso de exemplos mentais.

Este produto educacional é voltado para estudantes do ensino médio, especialmente aqueles que estão iniciando o estudo de mecânica clássica. Considerando as características dessa faixa etária, que ainda está consolidando seus conhecimentos de física, o uso de ferramentas tecnológicas e a abordagem visualizada por meio de vídeo análise visa facilitar a compreensão dos conceitos abstratos, promovendo um aprendizado mais dinâmico e envolvente.

Esperamos que, ao final da aplicação do produto, os estudantes não apenas compreendam de forma mais sólida o conceito de referenciais, mas também sejam capazes de aplicar esse conhecimento em outros contextos da física, como na relatividade e física quântica. Além disso, acreditamos que a interatividade proporcionada pela vídeoanálise ajudará na apropriação mais eficiente dos conceitos e tornará o processo de aprendizagem mais interessante e aplicável ao cotidiano. Esses resultados esperados incluem a melhoria no entendimento dos fenômenos físicos, o aumento do engajamento dos alunos e a efetiva aplicação dos conceitos aprendidos.

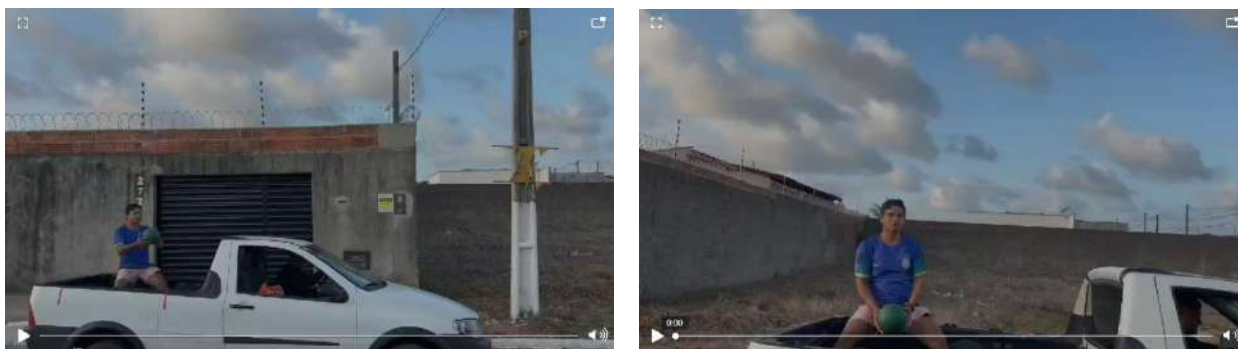
2. Produto educacional

Os Vídeos foram elaborados com o objetivo de demonstrar uma aplicação concreta dos conhecimentos físicos na análise de uma situação real, na qual houve participação ativa dos autores. Tal abordagem fundamenta-se na Teoria dos Três Momentos Pedagógicos, proposta por Delizoicov, evidenciando o primeiro momento — a problematização inicial —, com o intuito de estimular os estudantes a produzirem seus próprios vídeos e, assim, desenvolverem o segundo momento da teoria, visando alcançar de forma efetiva, o terceiro momento — a aplicação do conhecimento.

A produção dos vídeos ocorreu em via pública, com o uso de veículos reais e a participação de colaboradores que se dispuseram a contribuir com a atividade. Foram necessárias diversas tentativas, com o objetivo de minimizar a influência de fatores físicos presentes em situações reais, os quais impedem a reprodução de um lançamento de projétil em condições ideais, isto é, sem a interferência da resistência do ar e em movimento perfeitamente uniforme.

Na etapa de problematização inicial, foram apresentados vídeos elaborados especificamente para este estudo (ver Figura 1), nos quais se recria uma situação análoga à experiência do trem de Galileu. Essa etapa tem como objetivo despertar a curiosidade e estimular a reflexão sobre o conceito de referencial, conforme defendem Freire (1987) e Delizoicov (1991), para os quais a aprendizagem deve partir da realidade vivida pelo estudante e das questões que emergem de sua experiência cotidiana.

Figura 1: Capturas de telas do vídeo 01 – visão do referencial parado em relação ao solo (a esquerda), e do vídeo 02 – Visão do referencial parado em relação ao veículo onde ocorre o lançamento (a direita).



Fonte: Acervo do autor.

A organização do conhecimento deu-se por meio da sistematização dos conceitos científicos necessários à compreensão do problema proposto. Por meio da exibição dos vídeos sob diferentes perspectivas, buscou-se evidenciar a importância de considerar a posição do observador na descrição dos movimentos.

No vídeo 02, apresenta-se o ponto de vista de um observador em repouso no interior do veículo em movimento, enquanto o vídeo 01 retrata a perspectiva de um observador fixo no solo. O objetivo consiste em comparar as trajetórias observadas, destacando as diferenças em função do referencial adotado, bem como identificar os aspectos invariantes e aqueles que se modificam conforme a situação analisada.

Para isso, foi utilizado um software de videoanálise capaz de gerar trajetórias ponto a ponto, representando o movimento vertical do projétil conforme observado do interior do veículo e o movimento parabólico percebido por um observador externo, em repouso no solo. A situação foi controlada de modo que o veículo se deslocasse com velocidade aproximadamente constante de 10 km/h, com o intuito de minimizar os efeitos da resistência do ar.

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

A tabela 2 a seguir indica os materiais, as ferramentas e as pessoas envolvidas na elaboração do experimento a ser registrado no vídeo. Ressalta-se que essa lista pode sofrer variações conforme os objetivos da análise do lançamento do projétil.

Tabela 1 - Lista dos materiais, ferramentas e pessoas para elaboração do vídeo

Quantidade	Materiais/pessoas	Descrição	Melhorias na organização e execução
01	Bola de basquete	Com massa de 476 g e de cor que venha a se destacar com facilidade na filmagem.	Substituída por uma de Medicine Ball com 2 kg de massa.
01	Vara de cano	Cano de 40 mm e 6,0 m de comprimento.	Substituída por marcações feitas

			na própria lateral do carro.
01	Fita isolante	Na cor vermelha para ser possível verificar as marcações feitas a cada um metro de distância no cano.	Utilizada para realizar as marcações diretamente na lateral do carro
10	Pedaços de pano de limpeza Multiuso	Retângulos de dimensões 30 x 40 centímetros utilizados na fixação do cano na lateral do carro.	Desnecessário após a retirada da vara de cano
01	Pacote de presilhas de nylon (popular enforca gato)	Abraçadeiras lacre de Nylon com 30 cm de tamanho para fixar o cano na lateral do carro.	Desnecessário após a retirada da vara de cano
01	Nível de mão	Utilizado para nivelar o cano.	Utilizado para auxiliar na fixação das marcações com a fita isolante na lateral do carro.
01	Fita métrica ou trena	Trena de 10 m, utilizada para medir as distancias de marcação a ser feita no cano.	Utilizada para medir as marcações feitas na lateral do carro.
01	Carro com carroceria picape Fiat Strada	A marca e modelo não são exigências	Mantivemos o veículo.

		necessárias, o importante é ser uma picape, para possibilitar o lançamento da bola acontecer sobre ela.	
01	Carro passageiro Volkswagem Voyage	A marca e modelo não são exigências necessárias, o importante era ter um segundo veículo para realizar a experiencia.	Substituímos por uma moto, que possibilitava com melhor segurança e qualidade capturar a imagem.
03	Aparelhos celulares	De qualquer marca e modelo desde que tenha qualidade de gravação compatível com a mínima exigida pelo Software Tracker: Mínimo funcional: 640 × 480 pixels (VGA) e o recomendado: 1280 × 720 pixels (HD)	Continuamos com os mesmos aparelhos
10	Cones de sinalização	Cones padrões utilizados para sinalização das vias.	Continuamos com a mesma quantidade.
02	Triângulos de sinalização	Triângulos padrões existentes nos veículos e utilizados para	Desnecessário para realização no segundo local

		sinalização das vias em casos de necessidade.	escolhido para realizar a experiência.
08	Pessoas	02 motoristas, 03 cinegrafistas, 02 controladores de tráfego e 01 arremessador	Um dos motoristas passou a ser o condutor da moto.

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2 REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DOS VÍDEOS

1ª PARTE – Organização do veículo utilizado para base do lançamento.

Inicialmente, foi preparada a vara de cano que serviria como referência de medida no vídeo. Com o auxílio de uma trena e fita isolante, realizaram-se as marcações necessárias. A vara, com 6 m de comprimento, foi dividida em seis partes iguais de 1 m cada, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Vara de cano com as marcações feitas



Fonte: Acervo do autor.

Para a realização dos experimentos, a picape foi estacionada em um local com piso nivelado, o que facilitou a fixação do cano em sua lateral (ver Figura 3).

Figura 3 – Carro estacionado em local nivelado



Fonte: Acervo do autor.

Com o auxílio de um nível de mão, o cano foi ajustado de modo a permanecer alinhado horizontalmente. A fixação foi realizada por meio de presilhas de nylon, utilizando-se pedaços de pano multiuso como material isolante entre o cano e a lataria do veículo. Essa medida teve como objetivo evitar o contato direto entre as superfícies, reduzindo o atrito e prevenindo possíveis danos à pintura (ver Figura 4).

Figura 4 – Colocação dos tecidos e verificação do nivelamento do cano



Fonte: Acervo do autor.

Após as verificações de alinhamento e fixação, obteve-se a configuração apresentada na Figura 5.

Figura 5– Carro preparado como base de lançamento



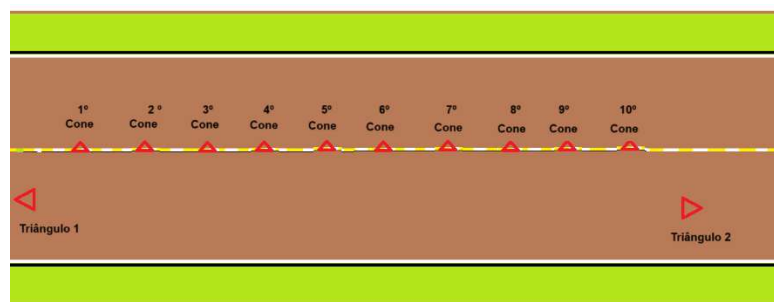
Fonte: Acervo do autor.

2ª PARTE – Organização do local de gravação.

A gravação foi realizada na rodovia RN-307, que liga os municípios de Extremoz e Ceará-Mirim, no estado do Rio Grande do Norte. O local foi escolhido por apresentar superfície relativamente plana e baixo fluxo de veículos.

Para garantir a segurança durante as gravações, foram distribuídos cones de sinalização na faixa central da pista, isolando uma das mãos de direção em um trecho de aproximadamente 55 m, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Representação do isolamento da parte da pista a ser usada



Fonte: elaborada pelo autor.

Em cada extremidade do trecho isolado, foi posicionada uma pessoa responsável pelo controle do sistema de “siga e pare”. A equipe contou com a colaboração de familiares e amigos (ver Figura 7).

Figura 7 – Equipe e veículos utilizados



Fonte: Acervo do autor.

Após a organização, os veículos e participantes foram posicionados para o início da experiência (Figura 8).

Figura 8 – Veículos posicionados para o início da experiência



Fonte: Acervo do autor.

Apesar da escolha da RN-307 em função do baixo fluxo, no momento da gravação — realizada em um domingo à tarde — observou-se um tráfego maior do que o esperado, o que exigiu ajustes durante a execução do experimento.

Nas primeiras tentativas, buscou-se realizar o cruzamento dos veículos utilizando apenas uma faixa da via. Foram obtidos resultados satisfatórios para os vídeos referentes aos observadores em repouso em relação ao solo e ao observador no interior do veículo lançador. Entretanto, o registro referente ao observador em outro veículo apresentou problemas de enquadramento.

Após análise das imagens ainda no local, concluiu-se que a proximidade entre os veículos dificultava o registro adequado. Assim, optou-se por utilizar ambas as faixas da via, aumentando a distância entre os veículos durante o cruzamento (Figura 9).

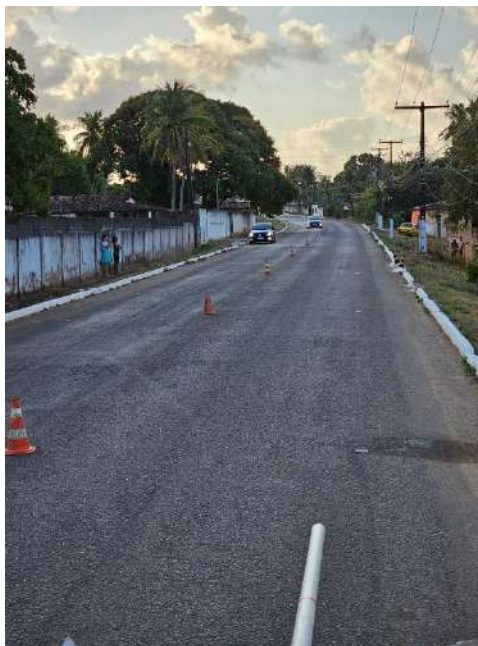
Figura 9 – Veículos posicionados para iniciar uma nova tentativa



Fonte: Acervo do autor.

Mesmo com essa adaptação, persistiram dificuldades relacionadas à nitidez da bola durante o movimento. Novas tentativas foram realizadas (Figura 10).

Figura 10 – Registro do início de mais uma das várias tentativas realizadas



Fonte: Acervo do autor.

Posteriormente, verificou-se que a velocidade adotada (20 km/h), embora baixa, poderia estar interferindo na qualidade da captura das imagens. Assim, os motoristas foram orientados a manter velocidade constante de aproximadamente 10 km/h. Após novas tentativas, obteve-se um vídeo satisfatório (Figura 11).

Figura 11 – Registro do momento em que o sinal para início de uma das tentativas é dado

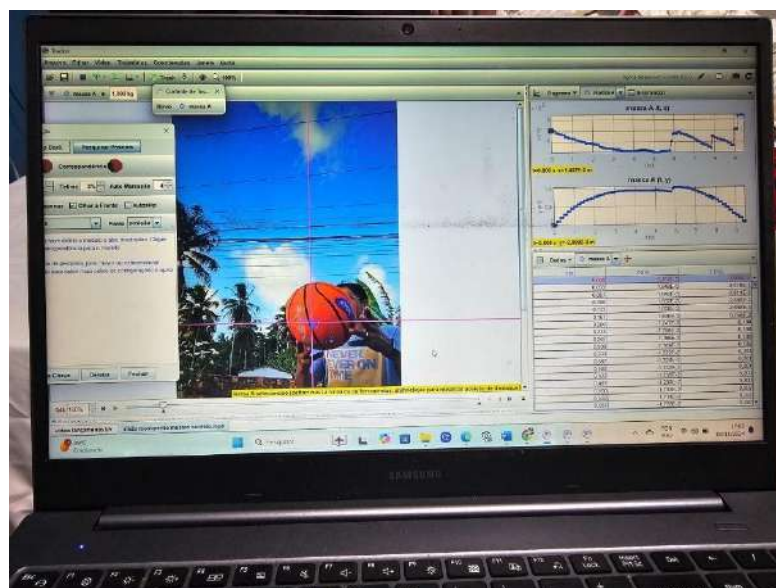


Fonte: Acervo do autor.

3ª PARTE – Utilização do software tracker para analisar os vídeos.

Após a obtenção dos vídeos, procedeu-se à análise por meio do software Tracker. Inicialmente, os resultados obtidos foram insatisfatórios, especialmente na geração de gráficos (Figura 12).

Figura 12 – Analisando os vídeos com Tracker



Fonte: Acervo do autor.

Para melhorar a qualidade da análise, utilizou-se o editor de vídeos CapCut, reduzindo a velocidade dos quadros em até dez vezes, por meio do efeito de câmera lenta (Figura 13).

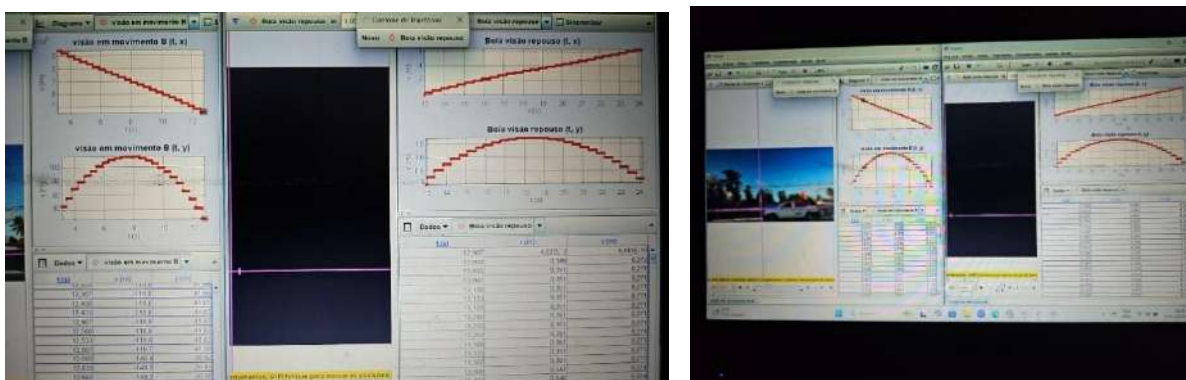
Figura 13 – Destaque da imagem representativa do editor de vídeos CapCut



Fonte: Acervo do autor.

Com essa adaptação, foi possível gerar gráficos representativos do movimento nas direções horizontal e vertical. No entanto, persistiram dificuldades na análise do referencial interno ao veículo lançador (Figura 14).

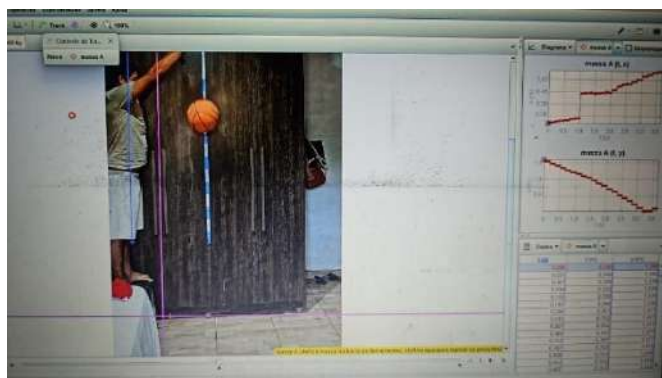
Figura 14 – Gráficos gerados no Software Tracker



Fonte: Acervo do autor.

Diante disso, investigaram-se possíveis causas para as inconsistências observadas. Inicialmente, considerou-se a influência da proximidade da câmera em relação ao fenômeno. Foram realizados testes adicionais, incluindo lançamentos verticais em repouso e análise de queda livre, porém os problemas persistiram (Figura 15).

Figura 15 – Imagem da tela do computador rodando o Software Tracker coletando os dados gerados pela queda “livre” da bola de basquete no vídeo



Fonte: Acervo do autor.

Também se avaliou a possibilidade de interferência das variações de cor da bola na leitura do movimento pelo software. Para minimizar esse efeito, a bola foi pintada, mas não se obtiveram melhorias significativas.

Após discussão com o orientador, concluiu-se que a bola apresentava um movimento mais complexo do que o desejado, incluindo rotação em torno do próprio eixo. Assim, buscou-se utilizar uma bola com maior massa.

Após tentativas em academias e lojas, obteve-se uma bola medicinal (medicine ball) de 2 kg, com auxílio de um colaborador (Figura 16). Testes preliminares indicaram resultados satisfatórios.

Figura 16 – Lado esquerdo da imagem: o amigo Tobias me entregando a bola.

Lado direito: a bola (medicine ball)



Fonte: Acervo do autor.

4ª PARTE – Produção definitiva dos vídeos.

Com base nas experiências anteriores, optou-se pela substituição do segundo veículo por uma motocicleta, o que proporcionou maior segurança e melhor qualidade nas gravações.

Além disso, foi incorporada uma segunda motocicleta deslocando-se ao lado do veículo lançador, com mesma velocidade e direção, permitindo melhor enquadramento das imagens.

A configuração final do experimento passou a contar com duas motocicletas e uma picape, conforme ilustrado na Figura 17.

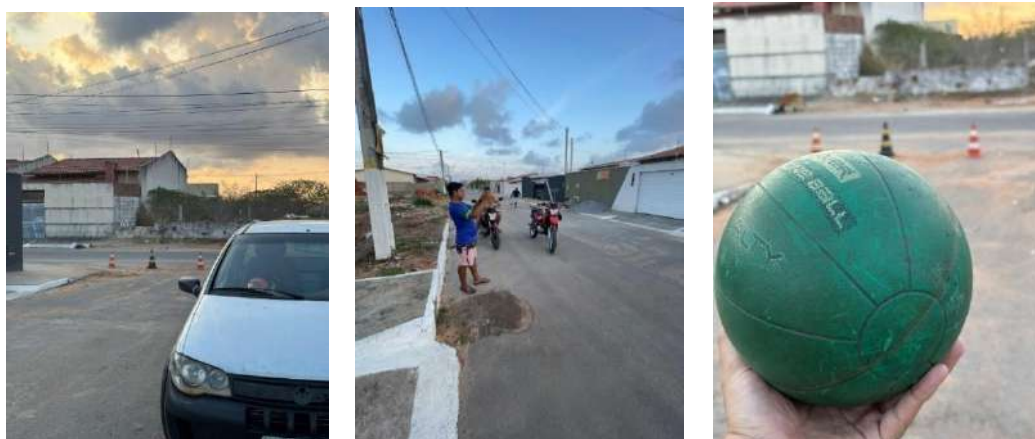
Figura 17 – Veículos utilizados na produção dos vídeos alinhados no início da Rua Ana Xavier.



Fonte: Acervo do autor.

Devido às dificuldades encontradas na rodovia RN-307, optou-se pela realização das gravações em um novo local, com menor fluxo de veículos: a Rua Ana Xavier, no bairro Moinho dos Ventos. Nesse local, foi possível realizar o bloqueio temporário da via, garantindo melhores condições de segurança e execução (Figura 18).

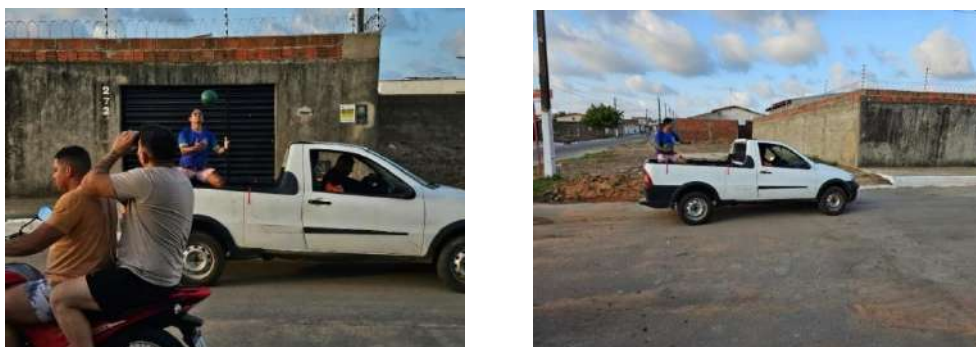
Figura 18 – Bloqueio do início da Rua Ana Xavier imagem a esquerda;
verificação do enquadramento para o referencial parado em relação ao solo imagem
central e foto da bola utilizada imagem a direita



Fonte: Acervo do autor.

Por se tratar de uma atividade ao ar livre, a influência da resistência do ar e fatores humanos — como variações no momento do lançamento — mostrou-se inevitável. Essas limitações exigiram a repetição de diversas tentativas até a obtenção de resultados adequados (Figura 19).

Figura 19 – Registros de imagens dos bastidores durante a produção dos vídeos: imagem a esquerda carro lançador e veículo em sentido contrário. Lado direito: momento de saída do veículo lançador



Fonte: Acervo do autor.

2.3 MANUAL AUTOEXPLICATIVO: ANÁLISE DE VÍDEOS COM LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS NO SOFTWARE TRACKER

Índice

1. Introdução ao Tracker.
2. Requisitos e Instalação.
3. Importação do vídeo.
4. Definição do início e fim do corte do vídeo.
5. Configuração da escala.
6. Configuração dos eixos de coordenadas.

7. Marcação dos pontos de forma manual.
 8. Marcação dos pontos de forma automática.
 9. Análise de dados.
 10. Exportação dos resultados.
 11. Conclusão.
-

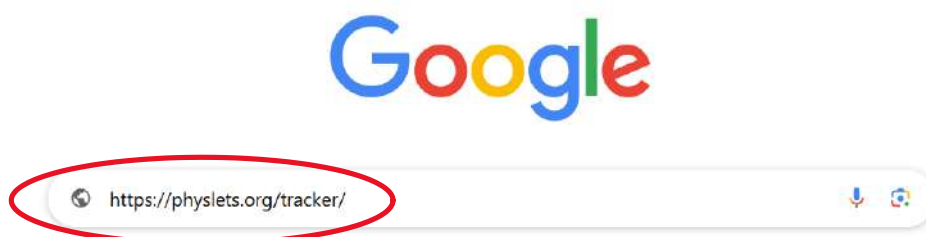
1. Introdução ao Tracker

O Tracker é um software gratuito utilizado para análise de movimento a partir de vídeos. Ele permite estudar a trajetória, velocidade e aceleração de objetos em movimento. Neste manual, abordaremos o uso do Tracker para analisar o movimento de projéteis.

2. Requisitos e Instalação

- **Requisitos:** Um computador com sistema operacional Windows, macOS ou Linux.
- **Instalação:**

2.1. Abra o buscador no seu computador e digite: <https://physlets.org/tracker/>.



Fonte: Galeria do autor

2.2. Acesse o site oficial do Tracker, marque a opção **Português**.



Fonte: Galeria do autor

2.3. Caso a opção acima não dê certo, para a versão em português, baixe o arquivo de tradução:

- No site, procure a opção “Translation” e localize o idioma português.
- Baixe o arquivo correspondente ao idioma.

2.4. Em último caso, instale o Tracker seguindo estas etapas:

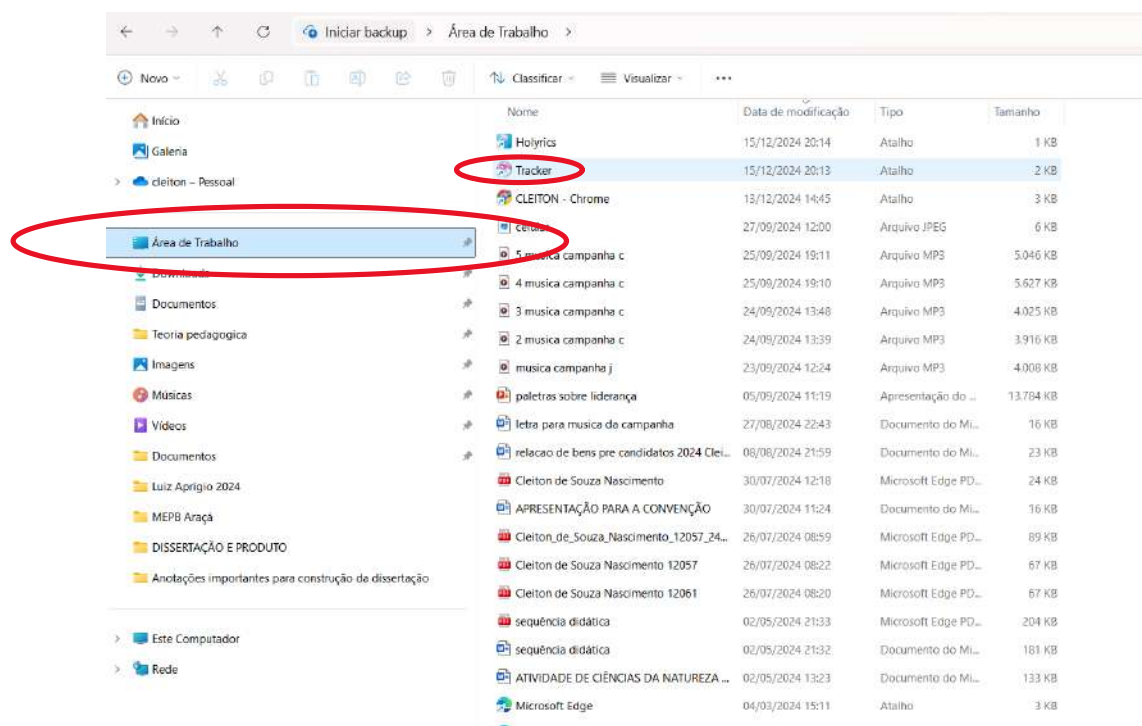
- Baixe a versão compatível com o seu sistema operacional.
- Execute o instalador e conclua a instalação.

2.5. Para configurar o idioma:

- Abra o Tracker.
- Acesse **Edit > Preferences > Locale**.
- Selecione “Português” e reinicie o programa.

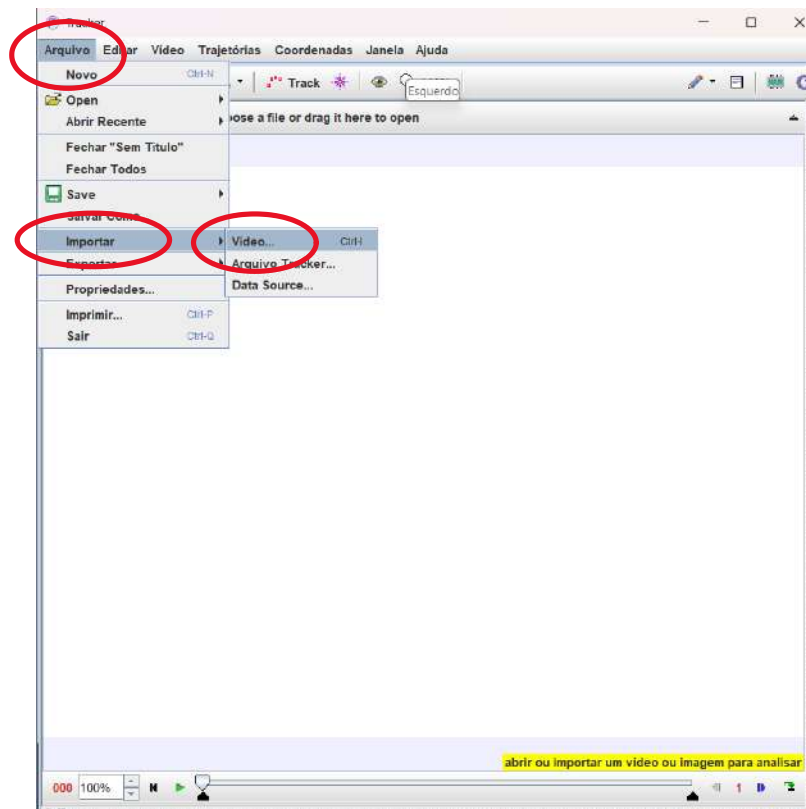
3. Importação do Vídeo

3.1. Abra a pasta onde encontra-se o **Software** e em seguida abra o **Tracker**.



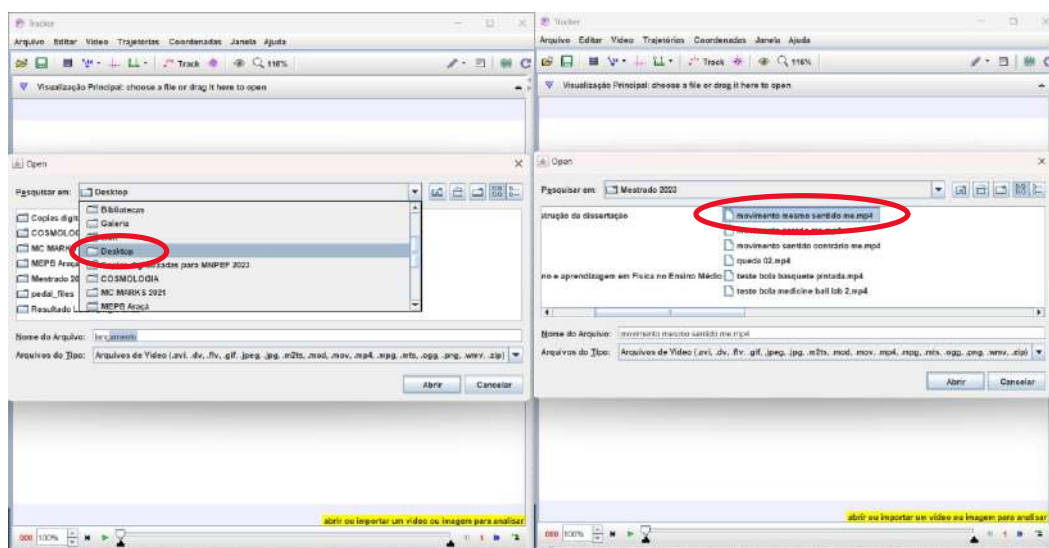
Fonte: Galeria do autor

3.2. Clique em **Arquivo > Importar > Vídeo...** ou no ícone de pasta.



Fonte: Galeria do autor

3.3. Selecione a pasta onde se encontra o vídeo do movimento do projétil, e selecione o vídeo desejado. Certifique-se de que o vídeo esteja em um formato suportado (MP4, AVI, etc.).

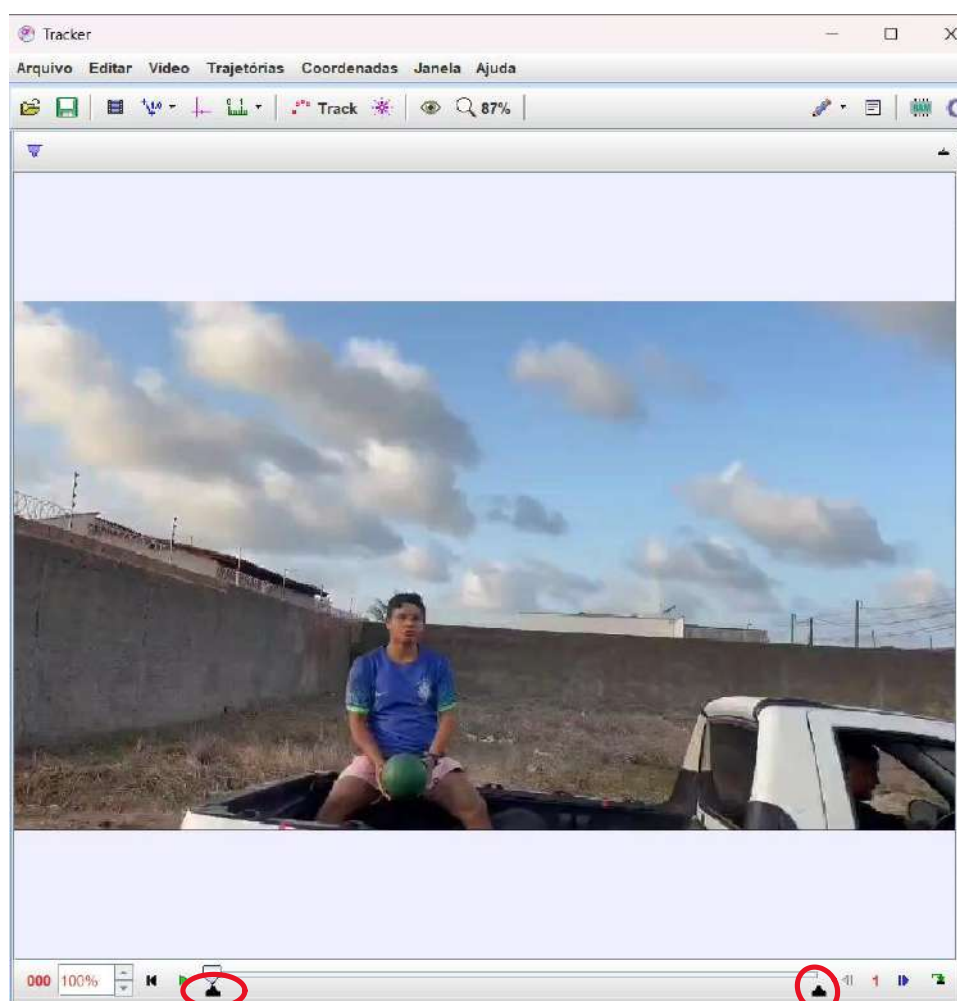


Fonte: Galeria do autor

4. Definição do início e o fim do corte do vídeo.

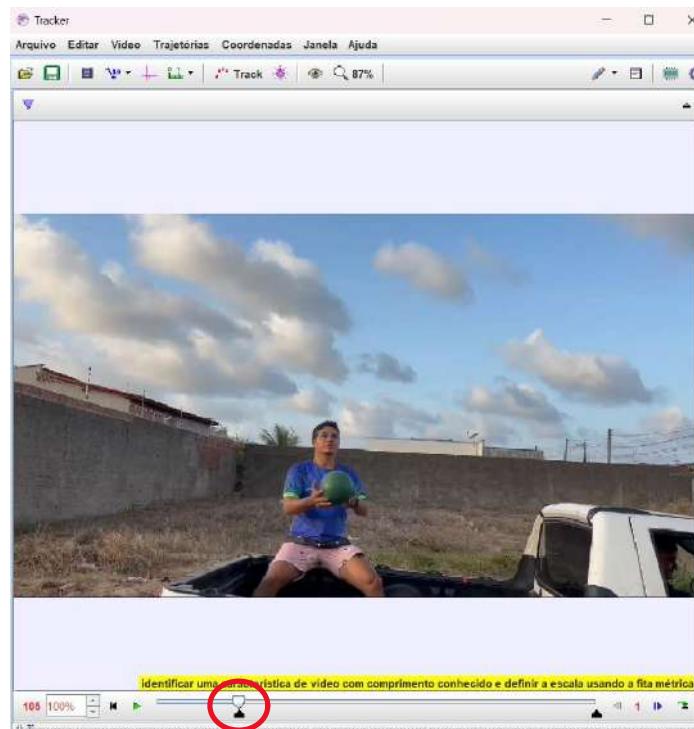
Para obter o início e o fim da parte do vídeo que deseja utilizar, é necessário configurar com o curso do mouse da seguinte forma:

- 4.1. Identifique as marcações em negrito que indicam o início e no fim do vídeo e ficam localizadas abaixo da barra na qual observamos a evolução do vídeo no canto inferior da tela.



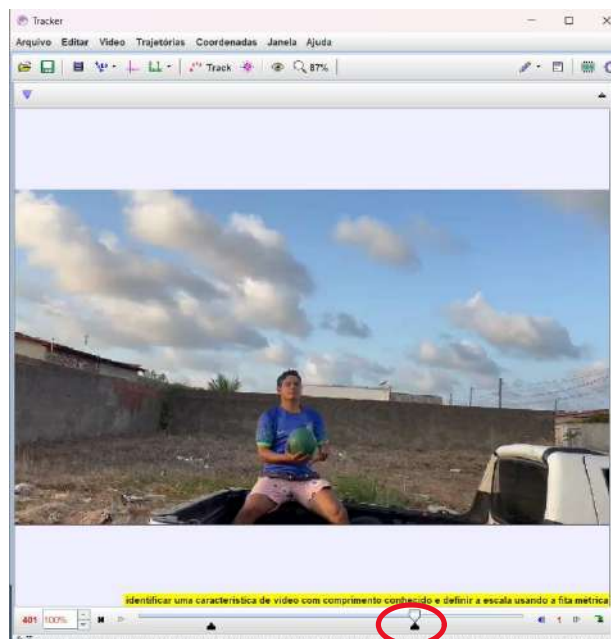
Fonte: Galeria do autor

- 4.2. Clique com o botão esquerdo do mouse na marcação que representa o quadro inicial e arraste para a direita até o local desejado.



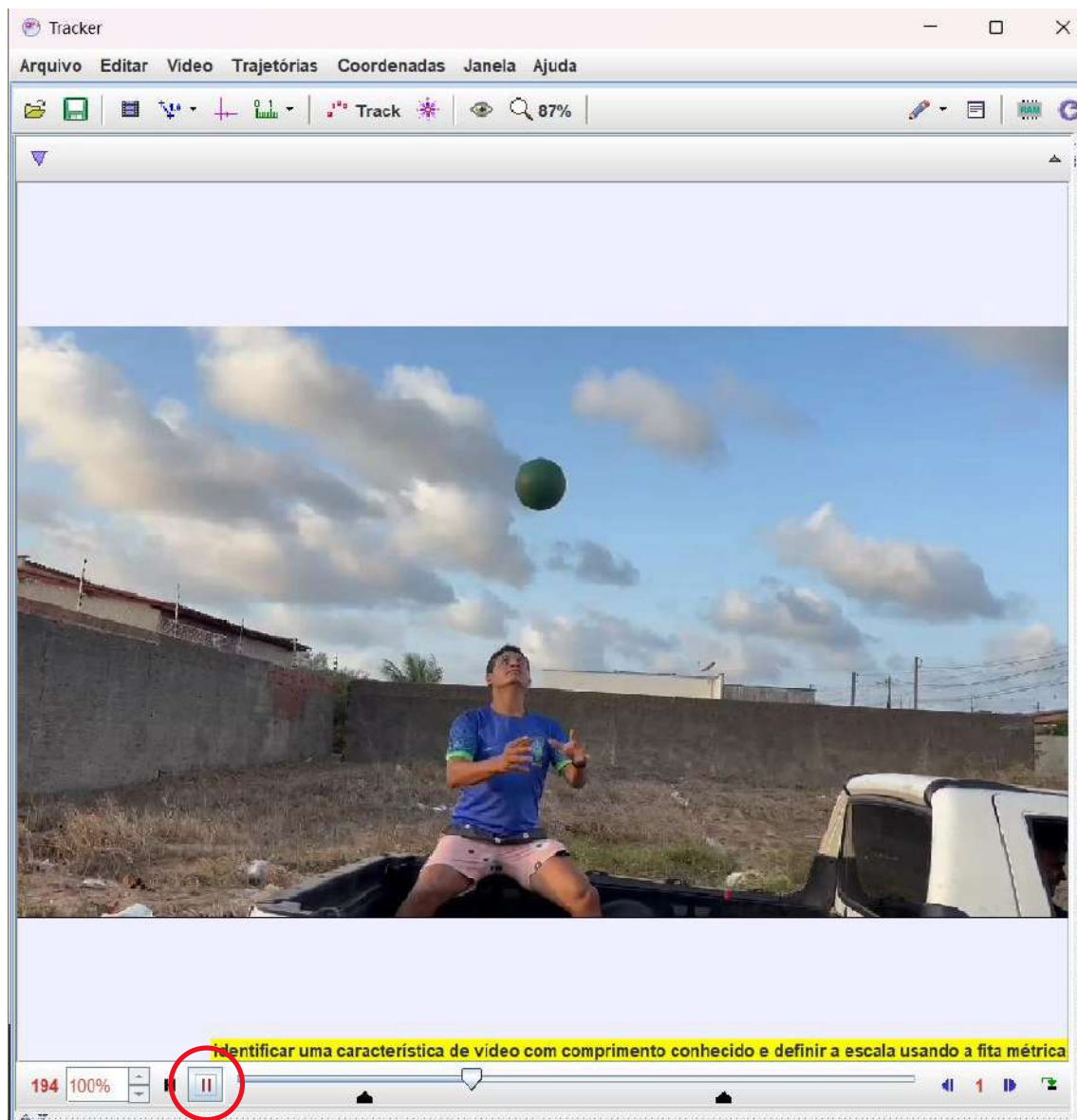
Fonte: Galeria do autor

- 4.3. Repita o procedimento inicial descrito no tópico anterior e arraste a marcação que representa o quadro final para a esquerda até o local desejado.



Fonte: Galeria do autor

- 4.4. Inicie o vídeo e confira se está corretamente ajustado. Caso não esteja, repita os passos 4.3 e/ou 4.4 para deixar da forma correta.

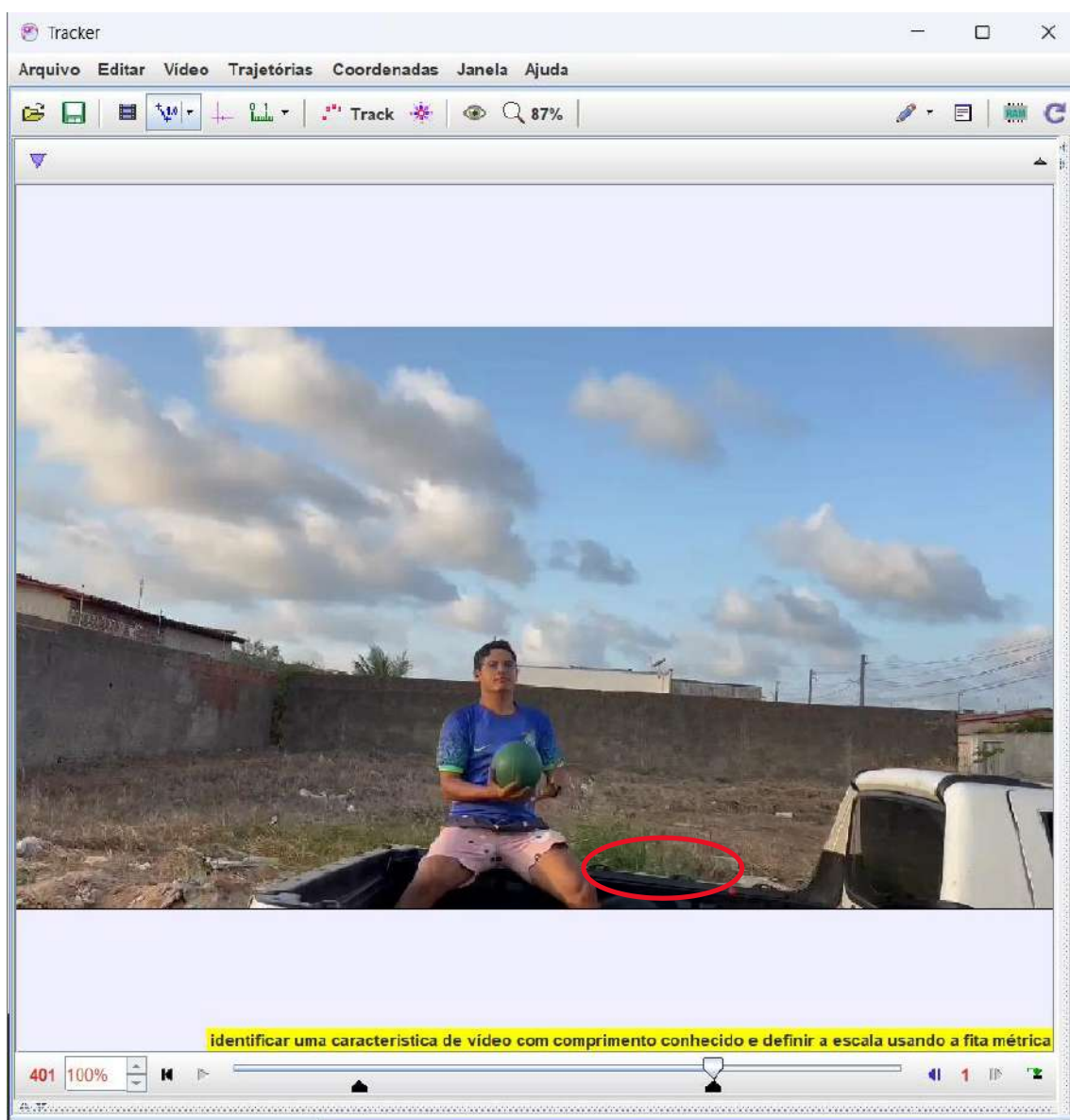


Fonte: Galeria do autor

5. Configuração da Escala

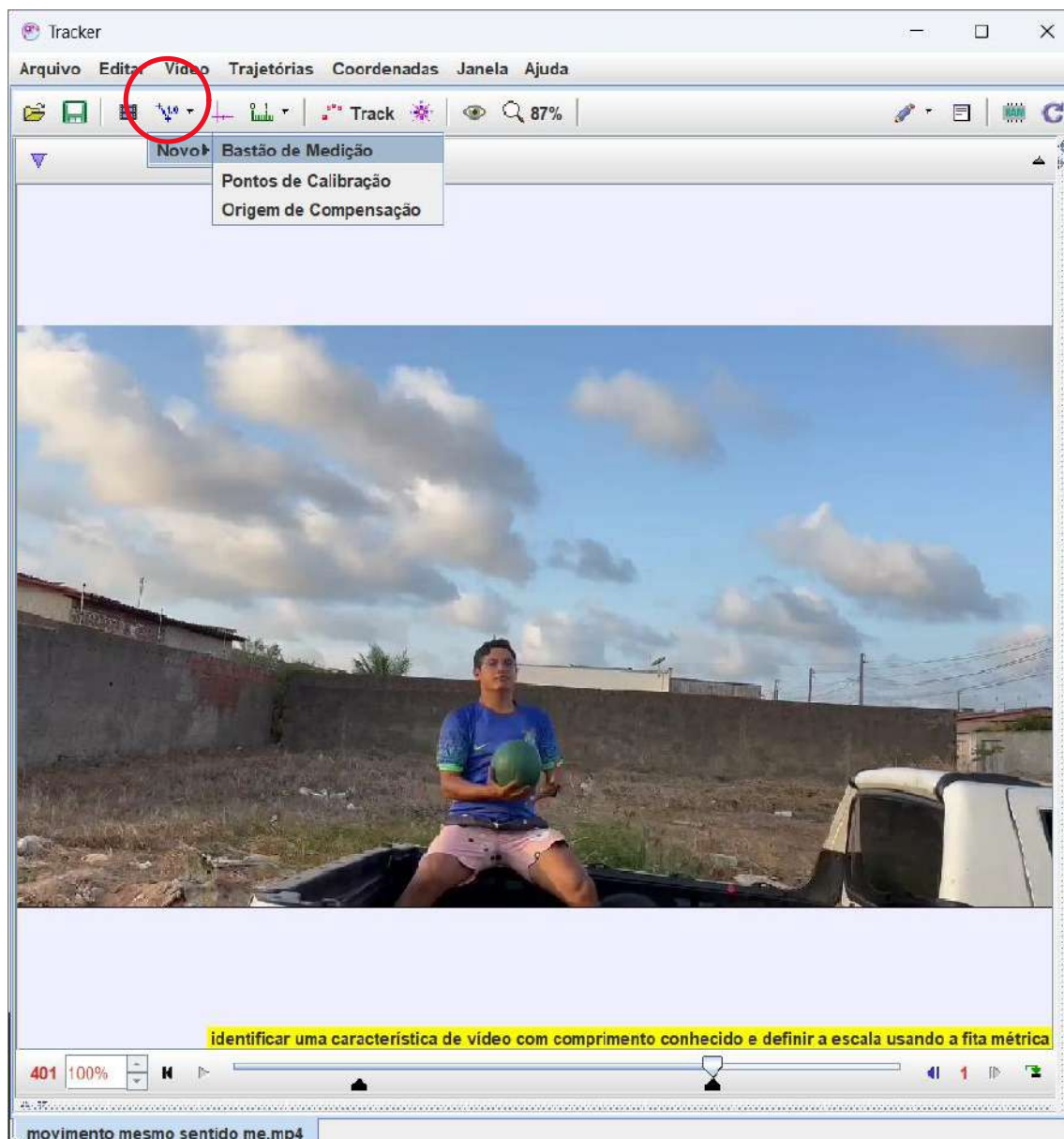
Para obter medições reais, é necessário configurar a escala:

- 5.1. Identifique um objeto no vídeo com tamanho conhecido (ex.: uma régua ou um marcador).



Fonte: Galeria do autor

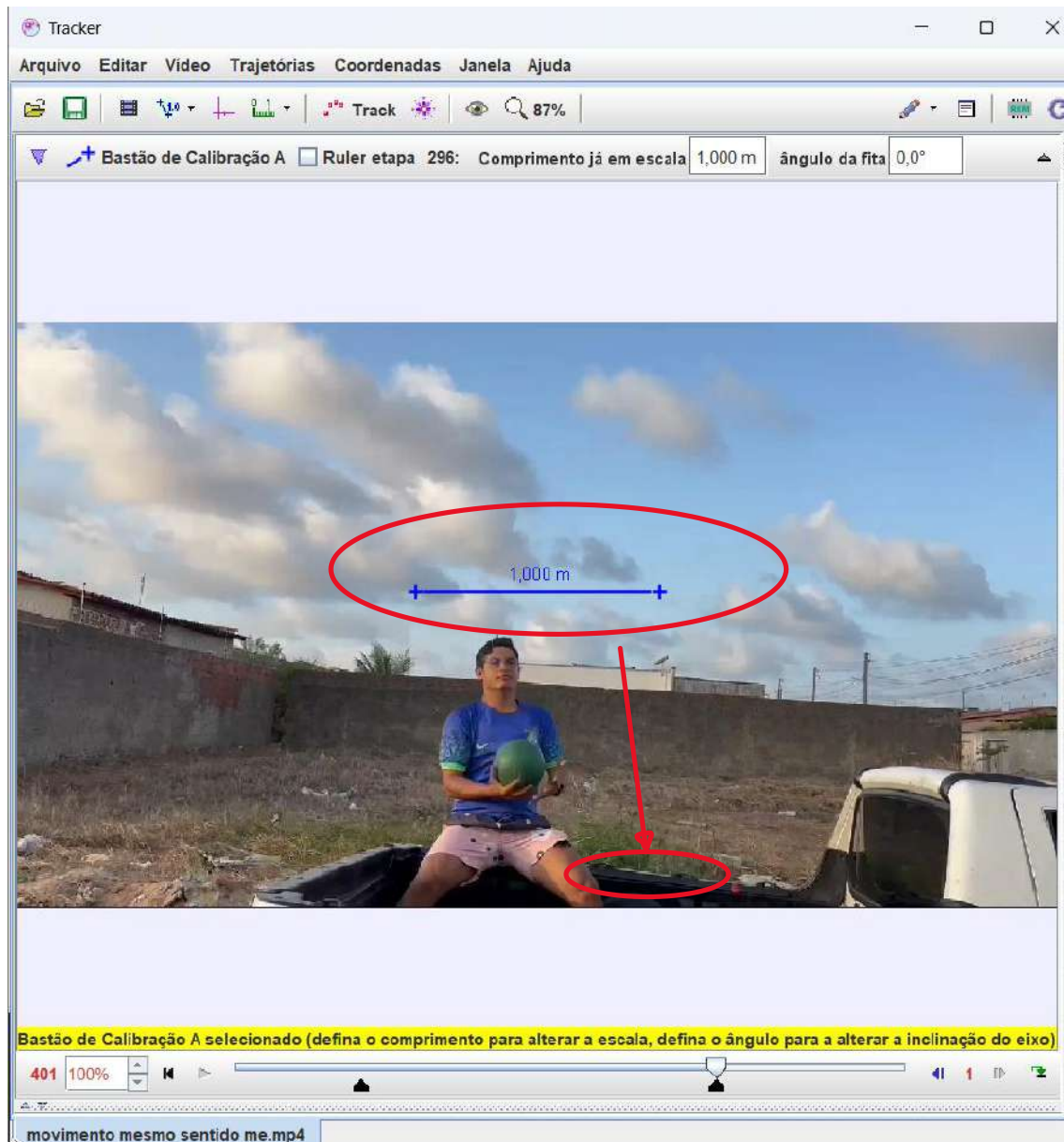
- 5.2. Clique no ícone **Tape Measure** (régua).



Fonte: Galeria do autor

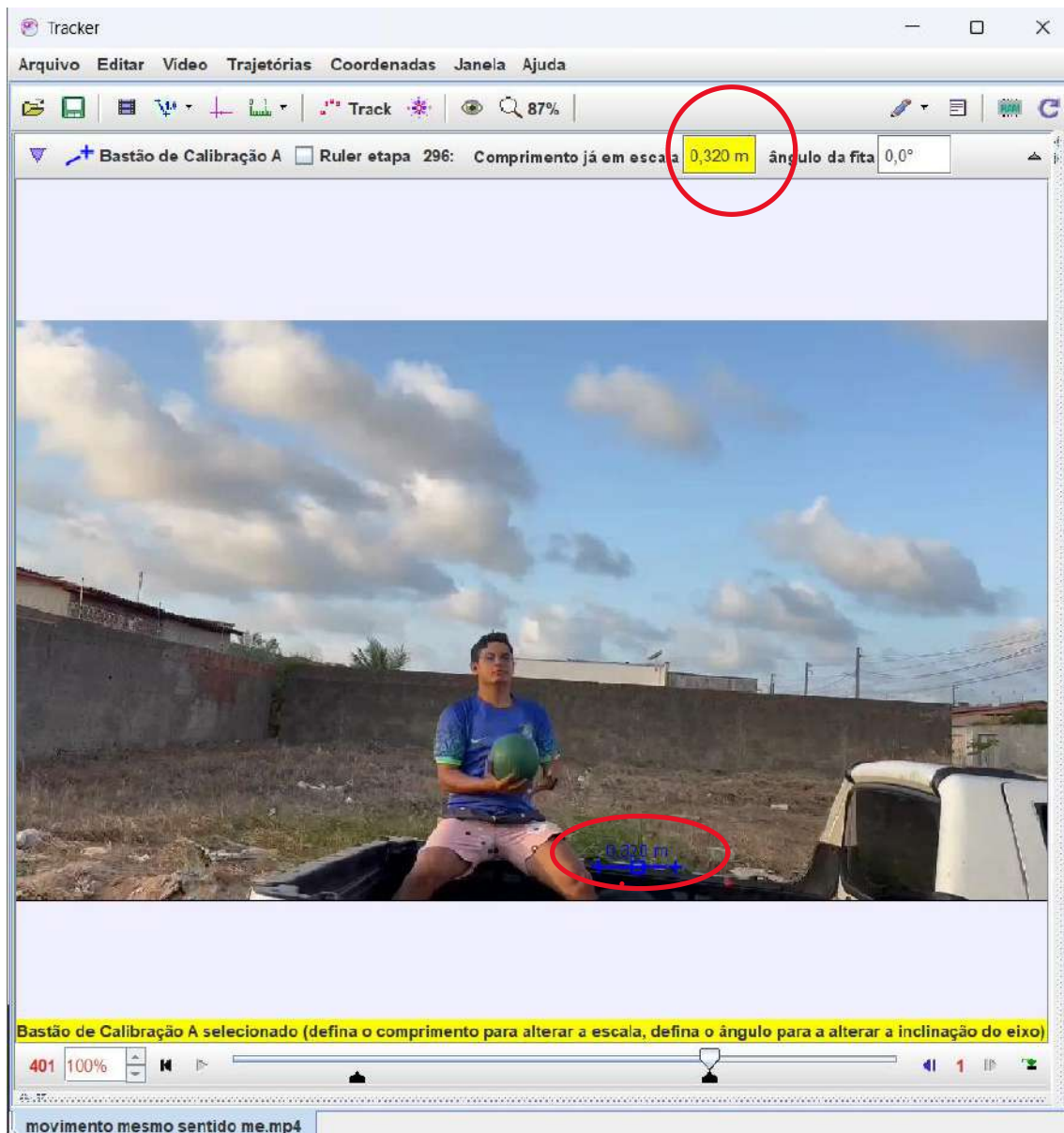
5.3. Arraste a linha da régua virtual para o local onde existe a referência do tamanho real, clicando nas extremidades da régua virtual organize o

tamanho dela, de forma a corresponder ao tamanho do referencial conhecido.



Fonte: Galeria do autor

5.4. Insira o valor real do comprimento na janela de configuração.



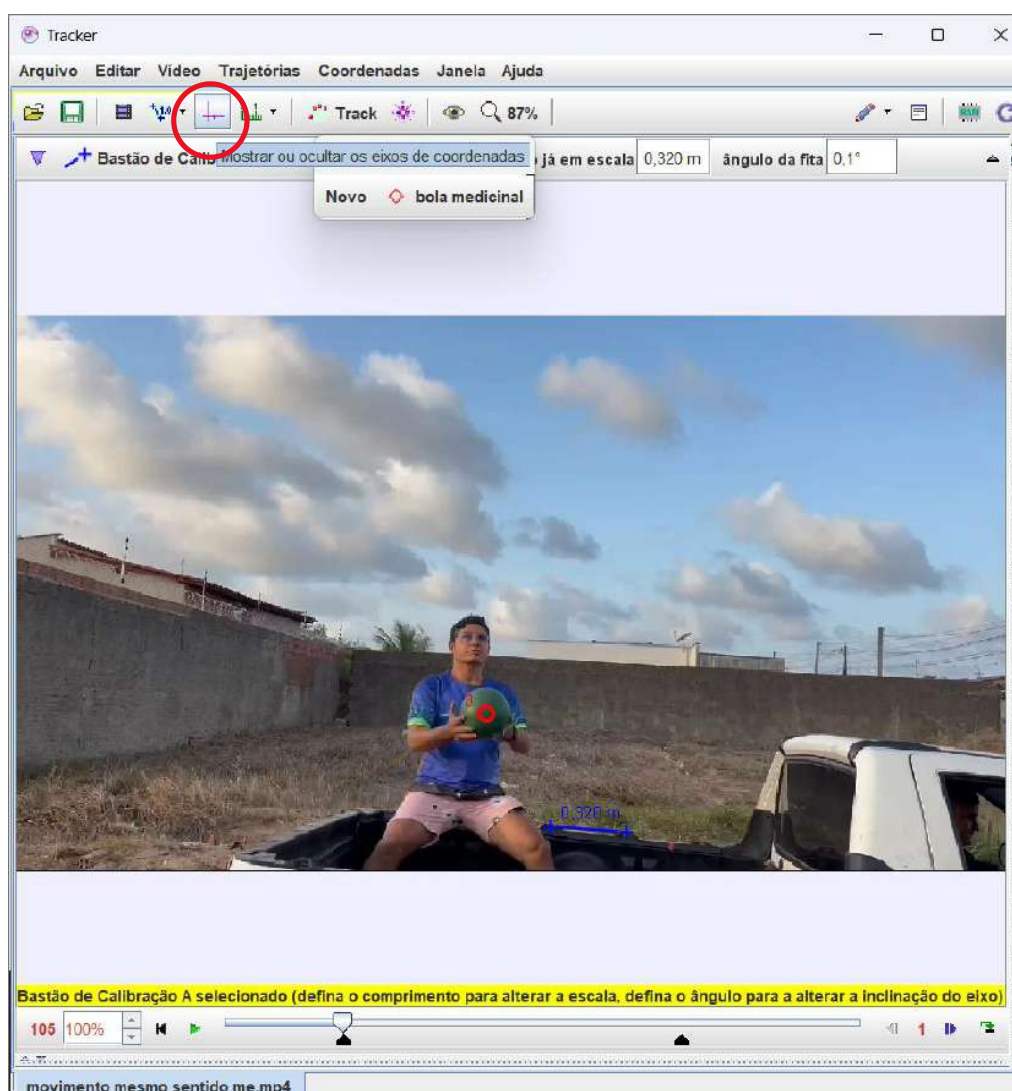
Fonte: Galeria do autor

6. Configuração dos Eixos de Coordenadas

Para obter melhores resultados, é necessário configurar os eixos de coordenadas:

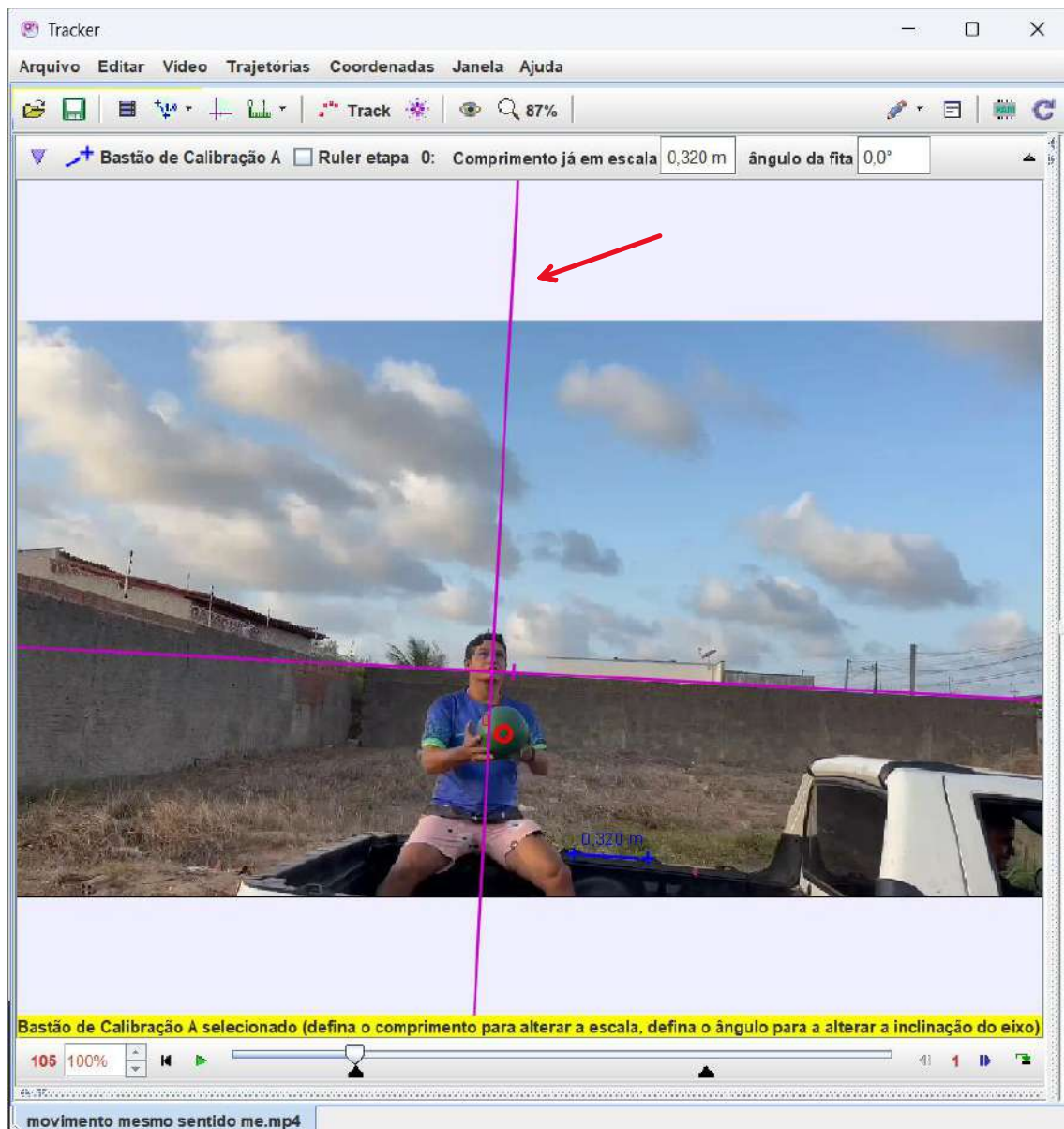
6.1. Identifique um objeto no vídeo que melhor oriente quanto a posição correta de um dos eixos, horizontal ou vertical (ex.: uma linha formada por um muro).

6.2. Clique no ícone **Mostrar ou Ocultar os Eixos de Coordenadas**.



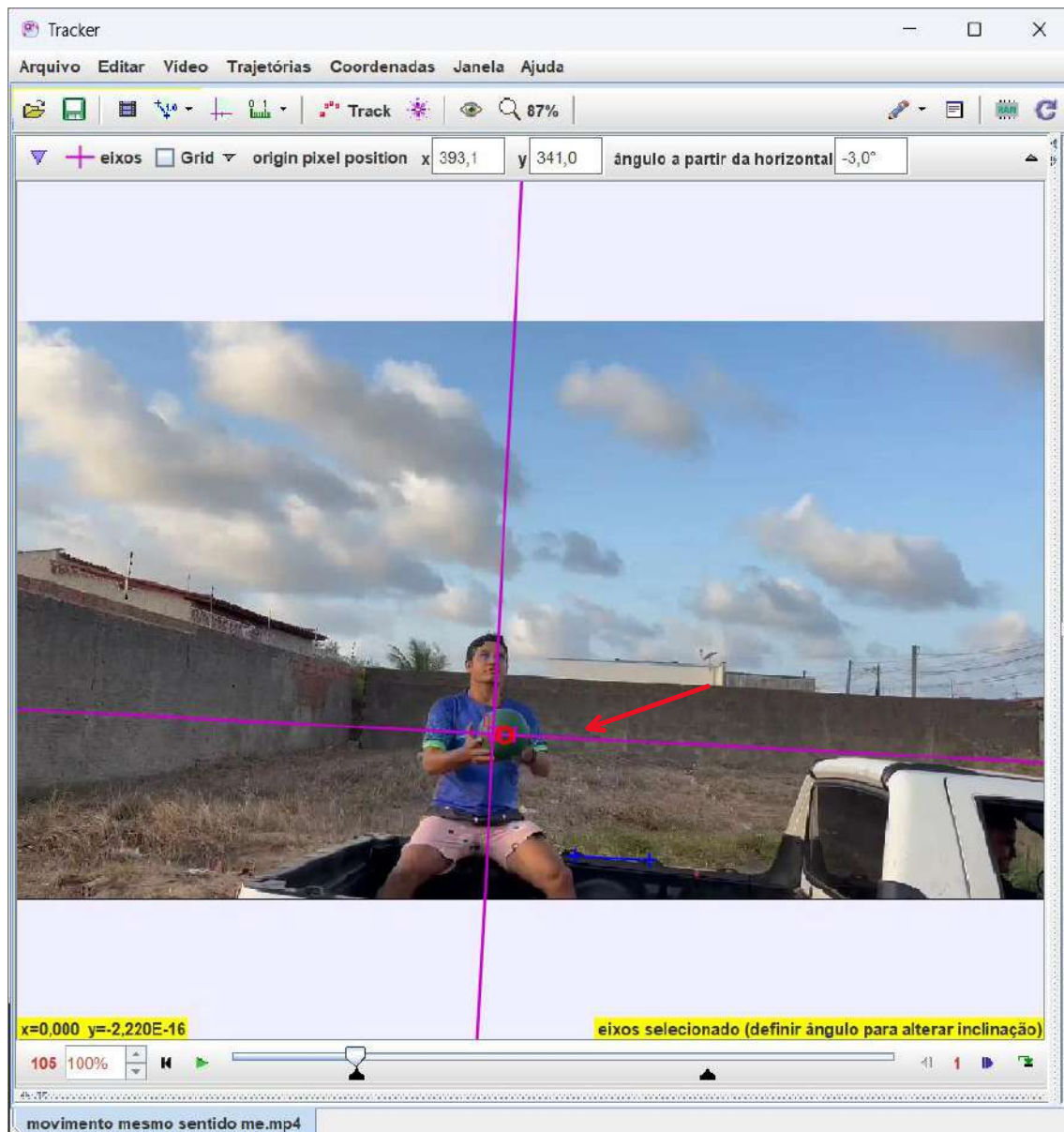
Fonte: Galeria do autor

6.3. Arraste os eixos de coordenadas para que a linha do eixo correspondente ao existente e escolhido no vídeo se sobreponha.



Fonte: Galeria do autor

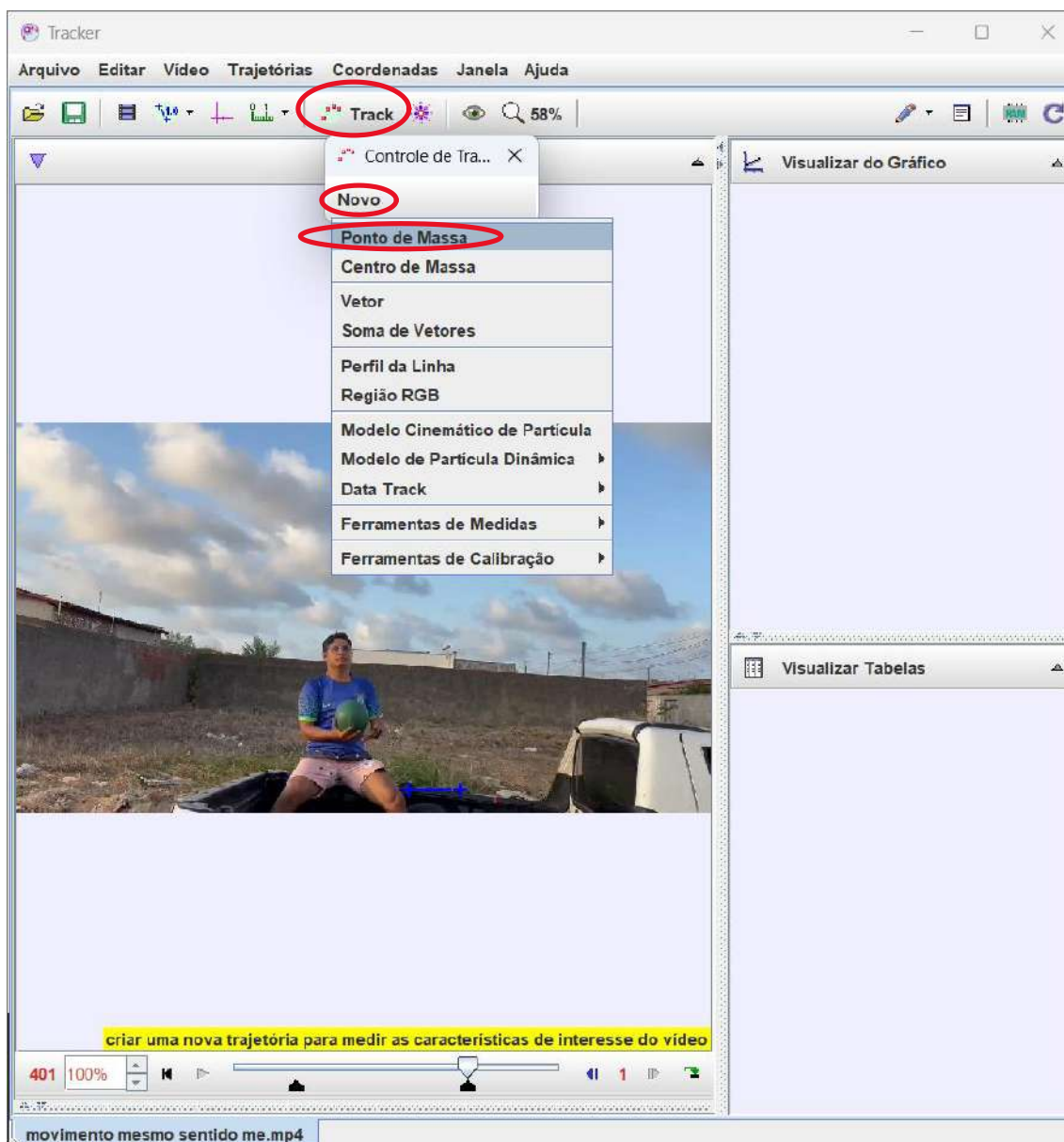
- 6.4. Arraste o centro dos eixos de coordenadas para a posição mais adequada sem modificar o alinhamento previamente estabelecido.



Fonte: Galeria do autor

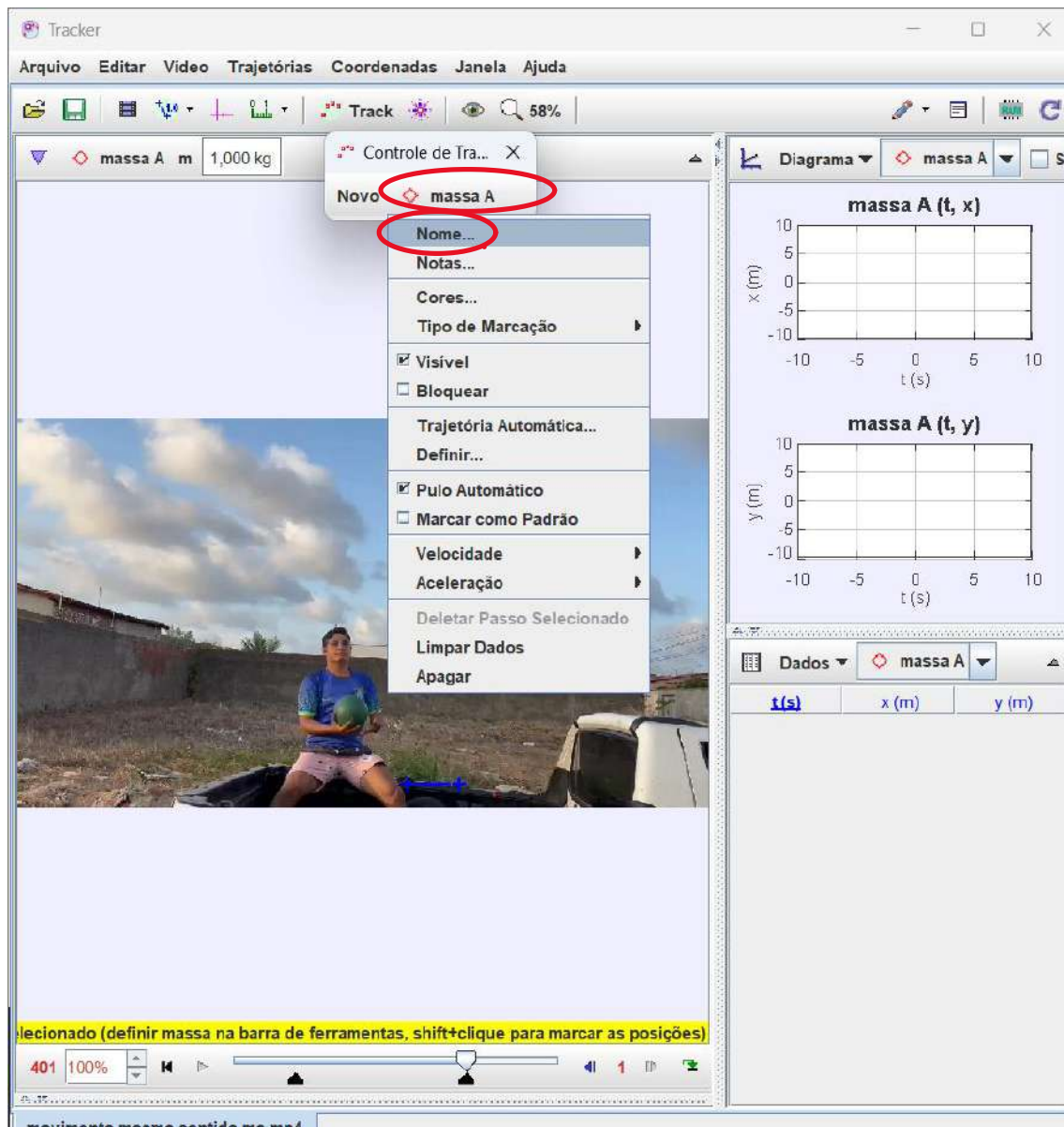
7. Marcação dos Pontos de forma manual

7.1. Clique no ícone **Track** > **Novo** > **Ponto de Massa** para criar um ponto de rastreamento.



Fonte: Galeria do autor

7.2. Caso deseje pode renomear o ponto de massa que aparece inicialmente como **massa A**, clicando no ícone **massa A** > **nome**.

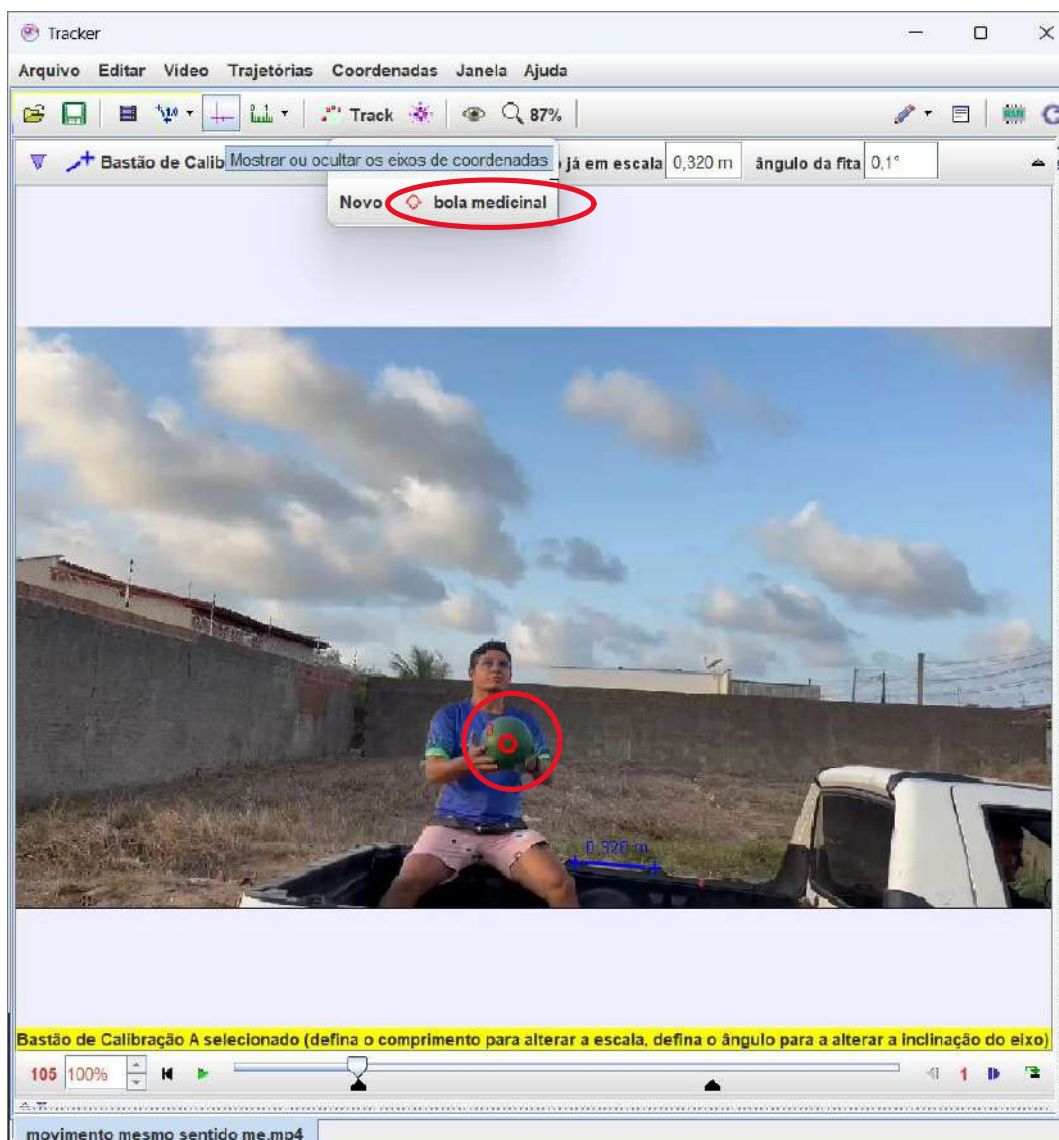


Fonte: Galeria do autor

7.3. Avance o vídeo para o primeiro frame onde o projétil está visível (caso não tenha feito os ajustes de início e fim do vídeo).

7.4. Clique no ícone **massa A (ou já renomeado a seu gosto)** > **marca como padrão.**

7.5. Clique no centro do projétil para marcá-lo.



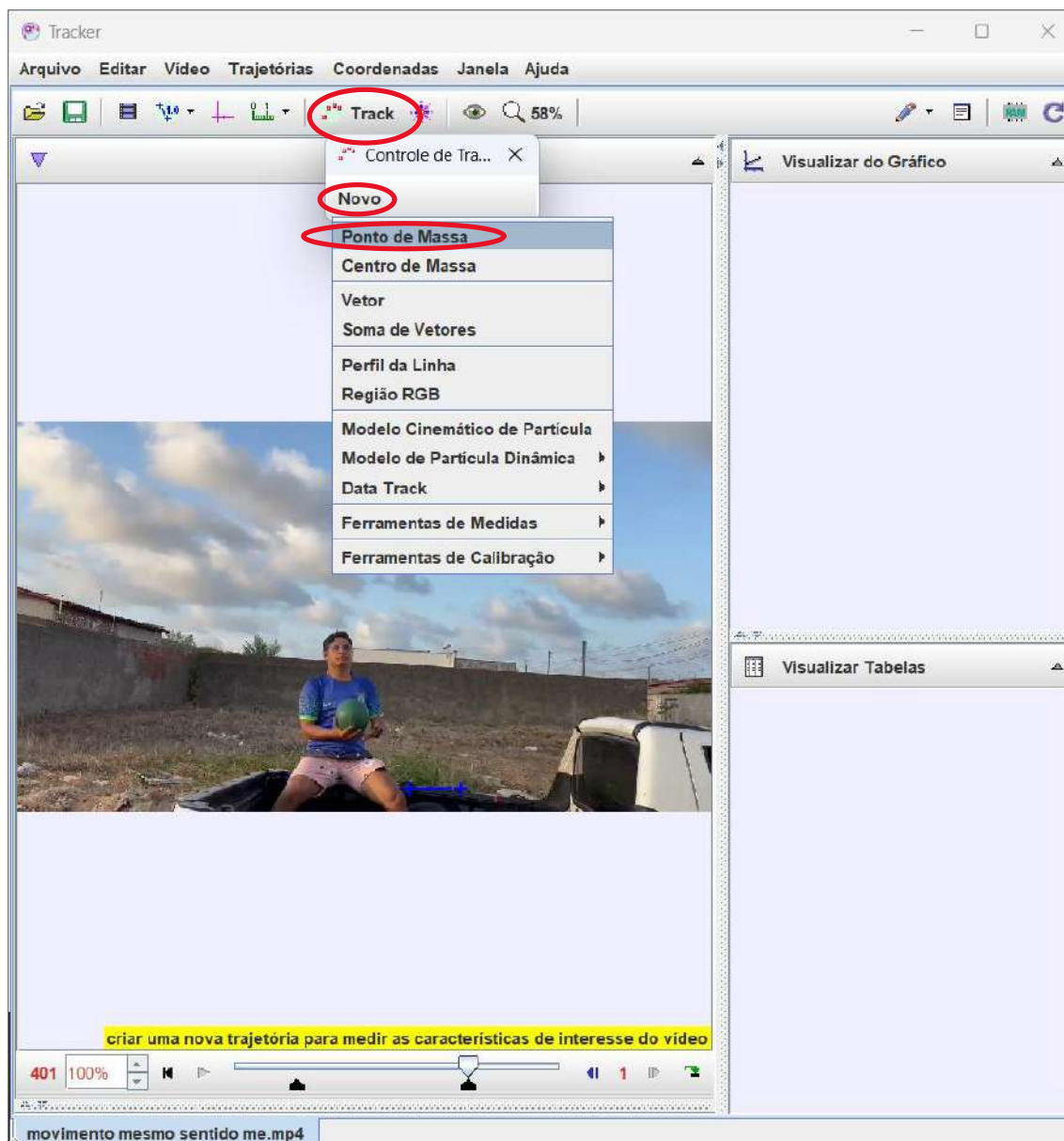
Fonte: Galeria do autor

7.6. Use as setas do teclado ou o botão “Próximo Frame” para ir ao próximo frame.

7.7. Repita o processo de marcação para cada frame até concluir todo o movimento a ser estudado presente no vídeo.

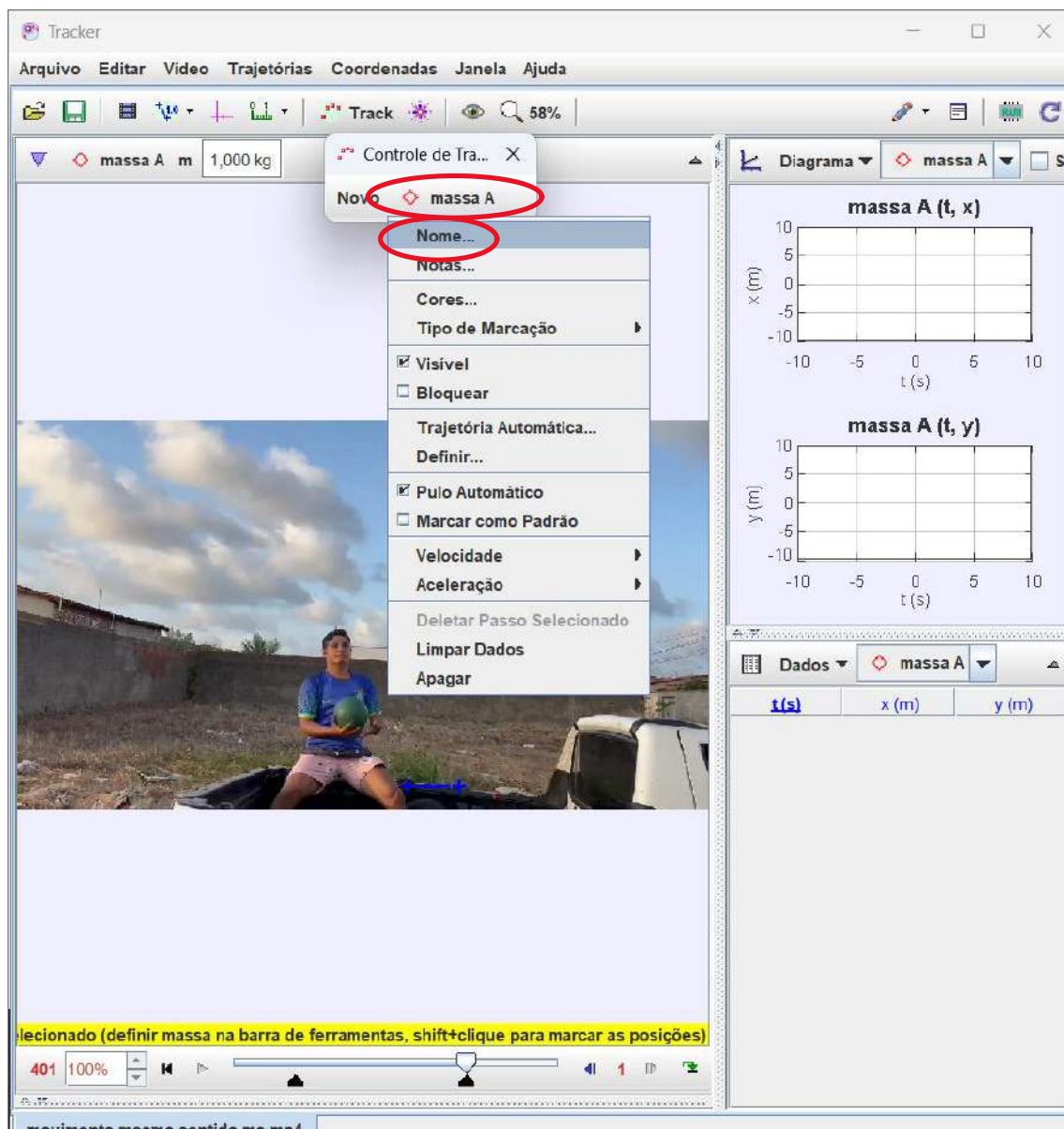
8. Marcação dos Pontos de forma automática

8.1. Clique no ícone **Track > Novo > Ponto de Massa** para criar um ponto de rastreamento.



Fonte: Galeria do autor

8.2. Caso deseje pode renomear o ponto de massa que aparece inicialmente como **massa A**, clicando no ícone **massa A > nome**

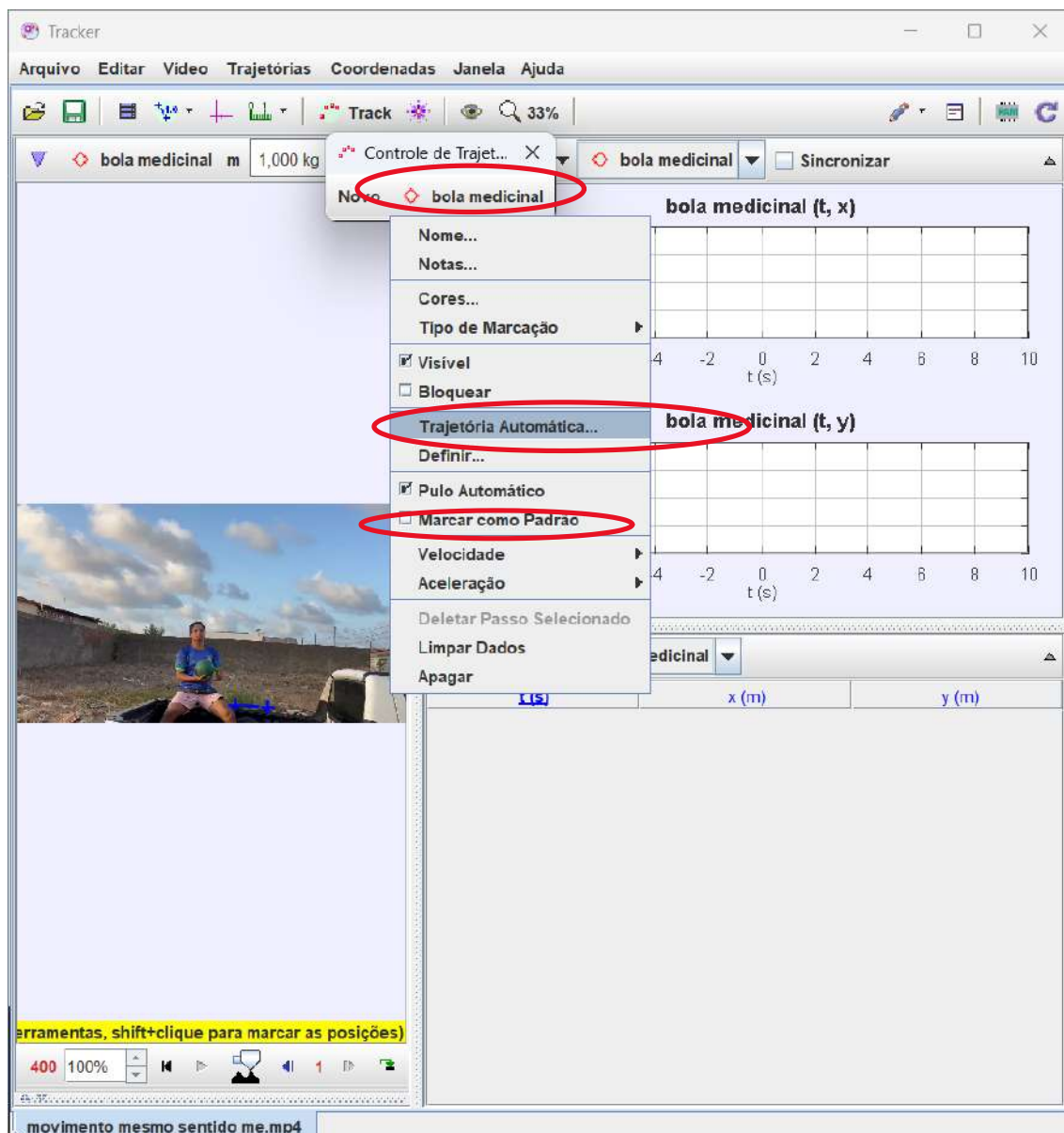


Fonte: Galeria do autor

8.3. Avance o vídeo para o primeiro frame onde o projétil está visível (caso não tenha feito os ajustes de início e fim do vídeo).

8.4. Clique no ícone **massa A** (ou já renomeado a seu gosto) > **marca como padrão**.

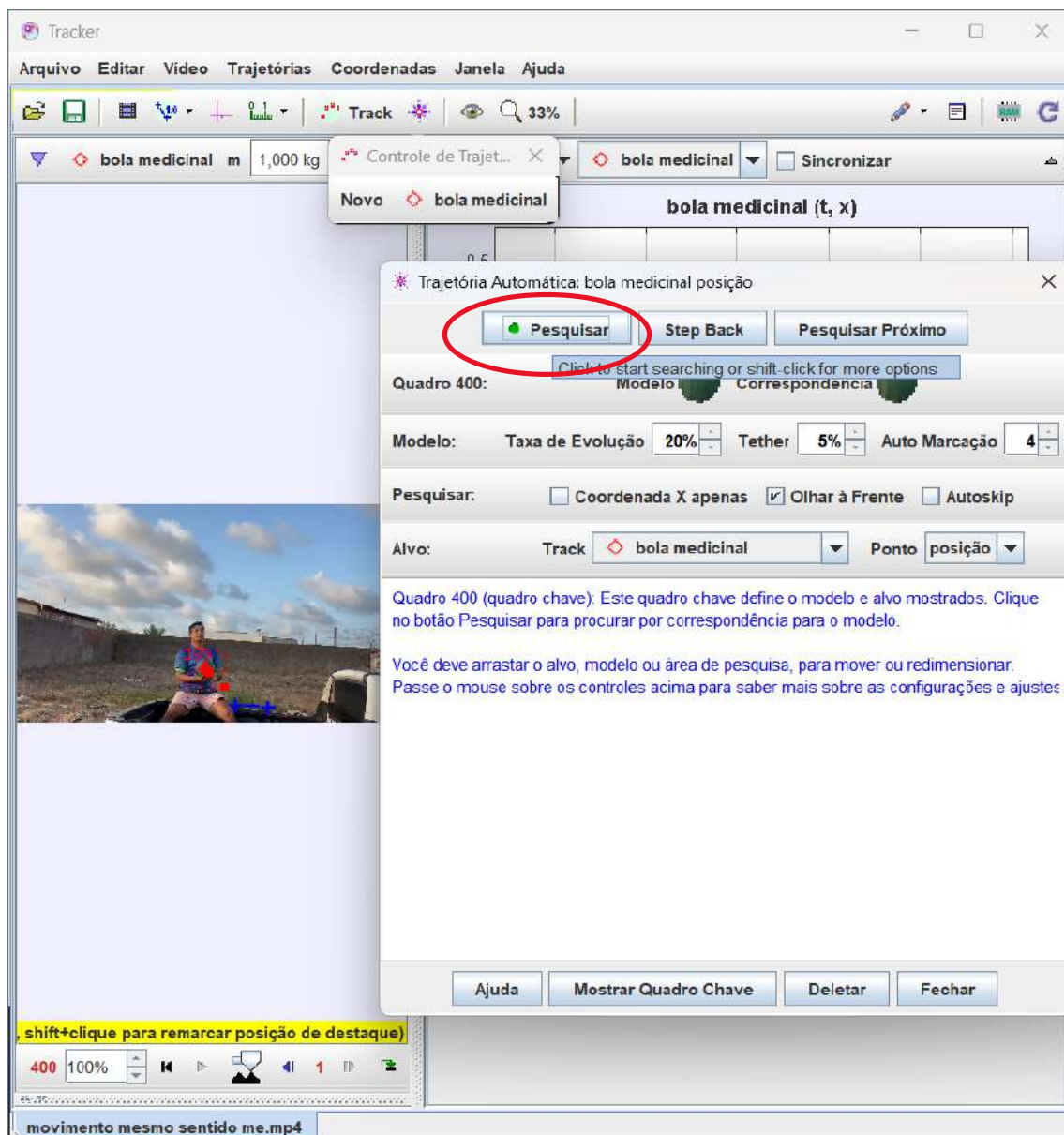
8.5. Clique no ícone **massa A** (ou já renomeado a seu gosto) > **trajetória automática**.



Fonte: Galeria do autor

8.6. Clique nos botões **Ctrl + Shift** e leve o curso do mouse até o centro do projétil para marcá-lo.

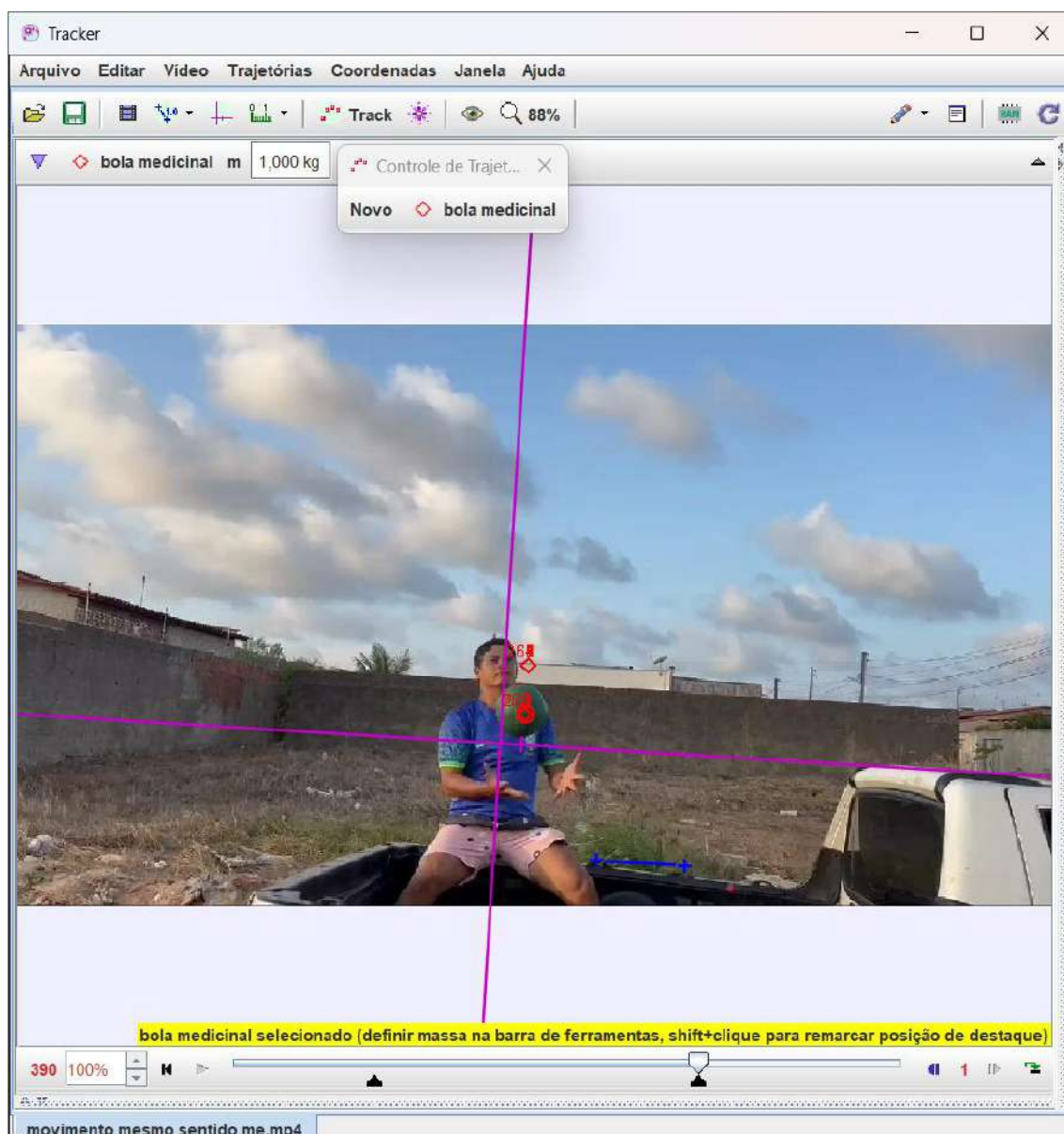
8.7. Aparecerá uma nova janela com o nome **Trajetória Automática: massa A (ou já renomeado a seu gosto)**. Use o curso do mouse para apertar no botão “Pesquisar” para iniciar a coleta dos dados.



Fonte: Galeria do autor

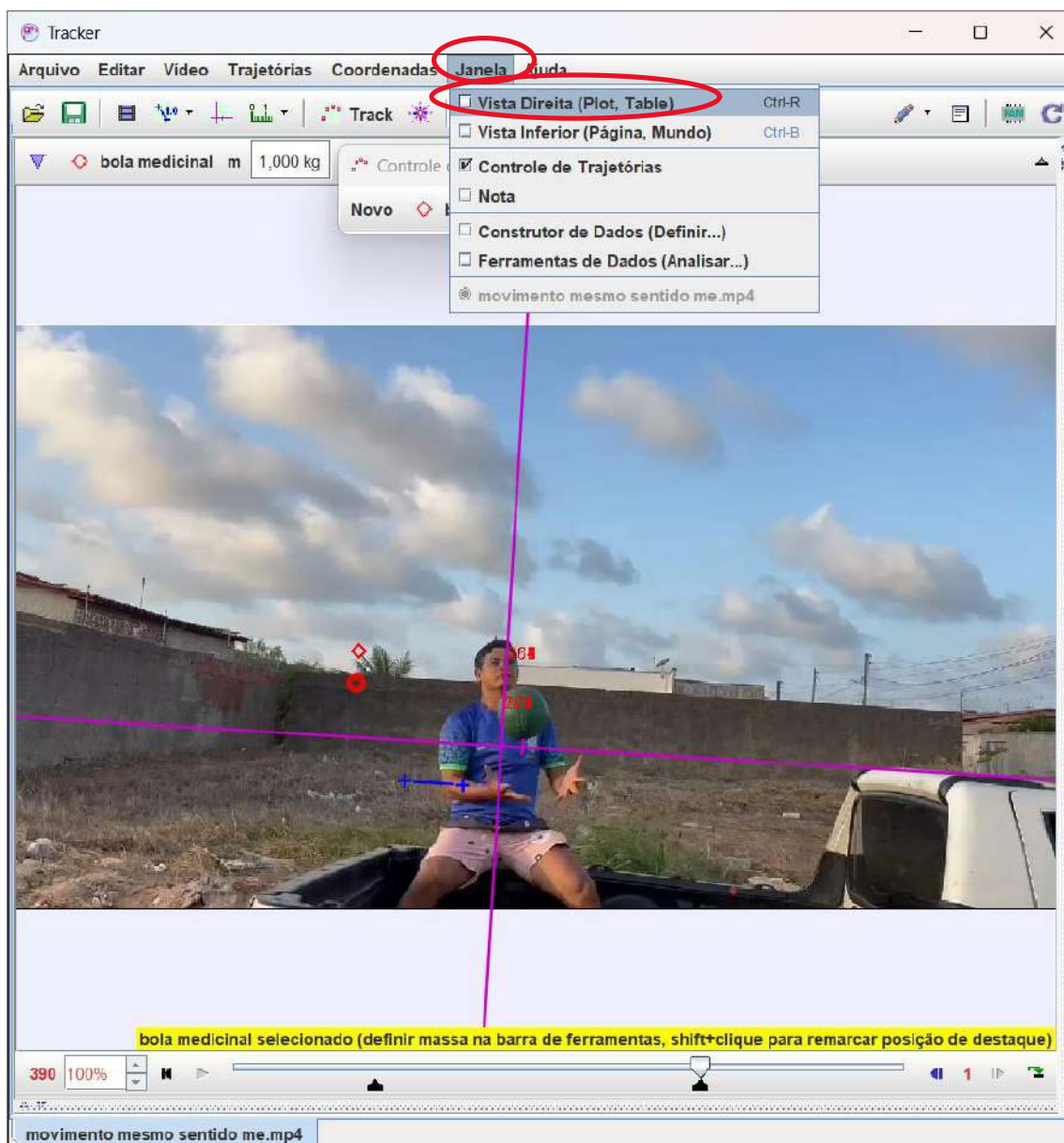
9. Análise de Dados

9.1. Após a marcação, o Tracker gera gráficos automáticos de posição, velocidade e aceleração versos tempo, bem como fornece uma tabela com os dados. Caso não esteja visualizando o gráfico formado, bem como a tabela, conforme exemplifica a imagem abaixo, siga as orientações do tópico 9.2.



Fonte: Galeria do autor

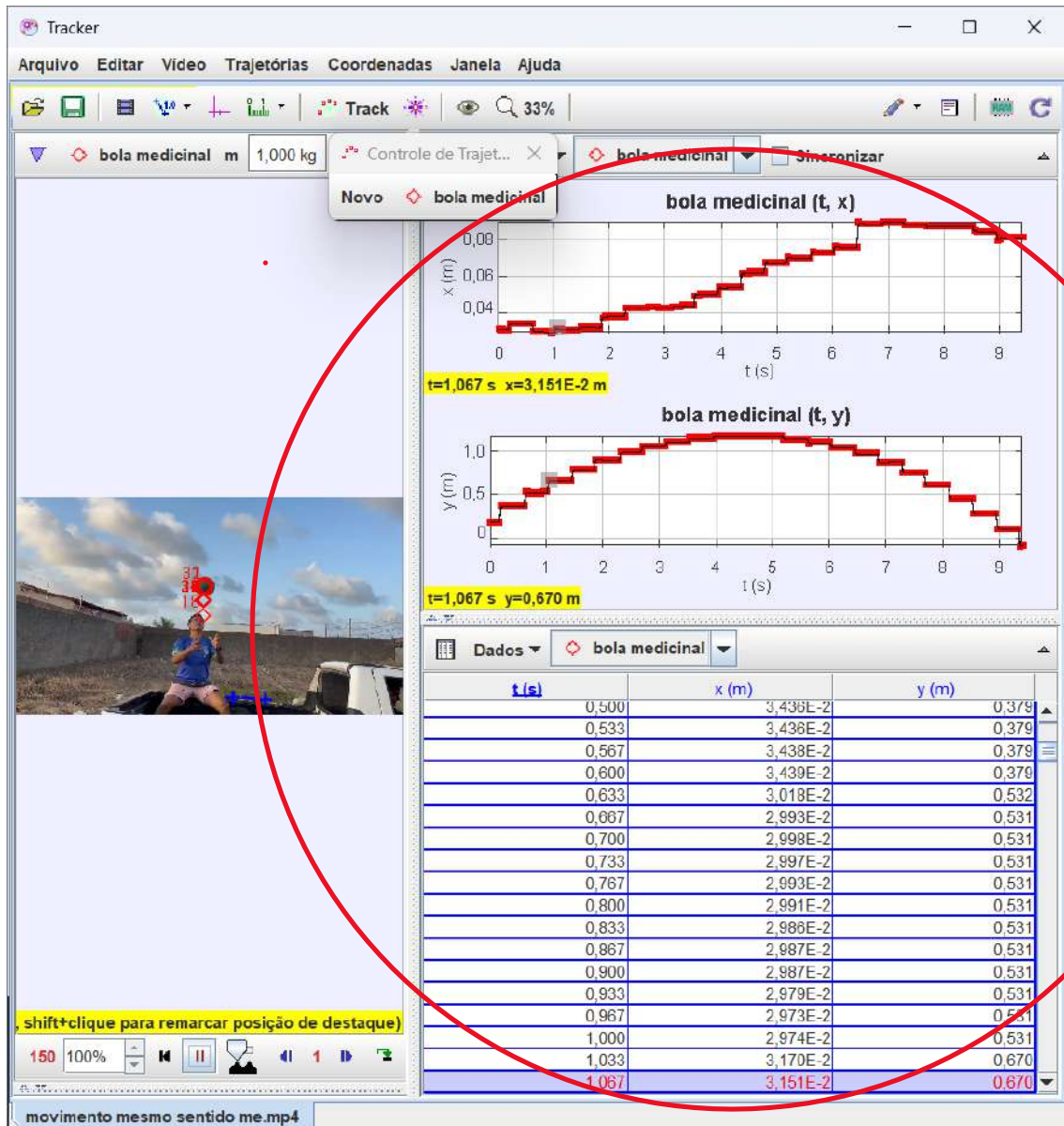
9.2. No Caso da tabela produzida, bem como o gráfico gerado, não estarem visíveis, clique no botão **Janela** na aba superior, vá até a opção **Vista Direita (Plot, Table)** e marque para visualizar o gráfico e a tabela.



Fonte: Galeria do autor

9.3. Ajuste os eixos e unidades, se necessário.

9.4. Use as ferramentas de medição para identificar parâmetros importantes, como o alcance e a altura máxima do projétil.



Fonte: Galeria do autor

10. Exportação dos Resultados

10.1. Para salvar o trabalho, clique em **Arquivo > Salvar Como**

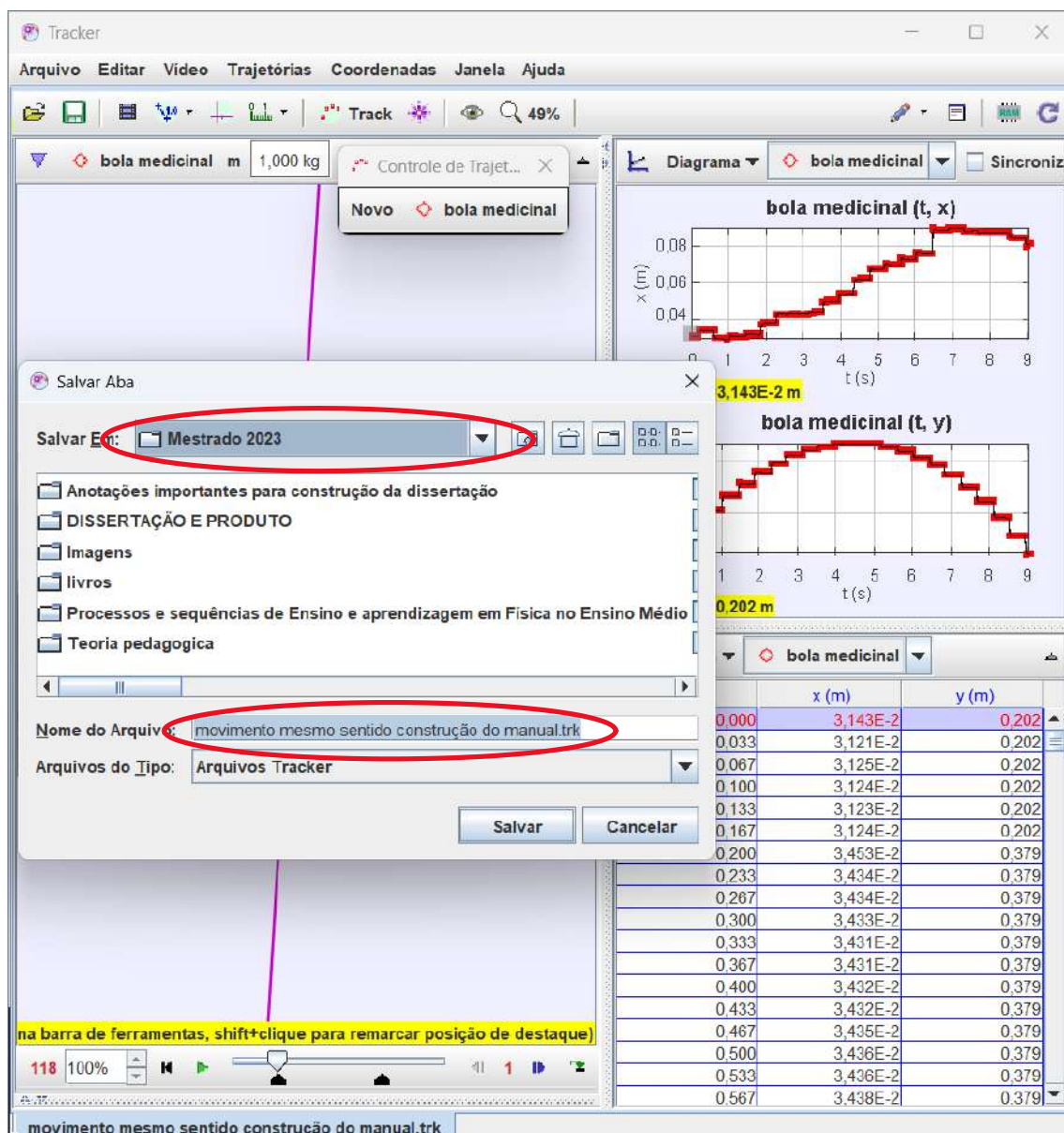
The screenshot shows the Tracker software interface. The 'Arquivo' menu is open, and 'Salvar Como...' is highlighted. The main window displays a video of a person in a boat with a red dot and a purple trajectory line. To the right, there are two graphs: 'bola medicinal (t, x)' and 'bola medicinal (t, y)'. Below the graphs is a data table with columns for time (t), horizontal position (x), and vertical position (y).

t(s)	x (m)	y (m)
8,500	8,784E-2	0,463
8,533	8,528E-2	0,296
8,567	8,494E-2	0,296
8,600	8,479E-2	0,296
8,633	8,470E-2	0,296
8,667	8,465E-2	0,296
8,700	8,462E-2	0,296
8,733	8,458E-2	0,296
8,767	8,451E-2	0,296
8,800	8,451E-2	0,296
8,833	8,451E-2	0,296
8,867	8,451E-2	0,296
8,900	8,451E-2	0,296
8,933	8,451E-2	0,206
8,967	8,017E-2	0,113
9,000	8,097E-2	0,115
9,033	8,127E-2	0,115
9,067	8,142E-2	0,115

Fonte: Galeria do autor

10.2. Escolha o local que deseja salvar o arquivo, e escreva um nome para identificá-lo. O formato por definição é do tipo **Arquivos Tracker**.

10.3. Salve o arquivo.



Fonte: Galeria do autor

11. Conclusão

Com este manual, você aprendeu a usar o Tracker para analisar o movimento de projéteis. Experimente com diferentes vídeos e ajuste as ferramentas do software para explorar mais aplicações em física.

Caso tenha dúvidas, consulte os tutoriais adicionais disponíveis no site oficial do Tracker. Bons estudos!

3. SUGESTÃO PARA ORGANIZAÇÃO E ANDAMENTO DAS AULAS

Esta seção tem como objetivo apresentar sugestões para a organização e o desenvolvimento das aulas, tomando como base os resultados obtidos na pesquisa **EXPLORANDO MOVIMENTOS: A RELEVÂNCIA DOS REFERENCIAIS NO LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS**. As propostas não se configuram como um modelo rígido, mas como possibilidades didáticas que podem ser adaptadas a diferentes contextos educacionais. Nesse sentido, busca-se contribuir com perspectivas de aprofundamento que auxiliem o professor na ampliação das estratégias de ensino, especialmente no que se refere à abordagem do conceito de referencial por meio da videoanálise. Espera-se, assim, promover práticas pedagógicas mais dinâmicas, contextualizadas e alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de Física.

1ª aula: Apresentação da proposta, problematização inicial e introdução conceitual

0-10 minutos: Apresentação do tema.

1. Introdução ao tema:

- Explique que o movimento de um objeto depende de como e de onde ele é observado, introduzindo o conceito de referencial.
- Defina referencial como o ponto de vista a partir do qual observamos e descrevemos o movimento de um corpo. Destaque que a percepção do movimento pode mudar completamente dependendo do referencial escolhido.

2. Exibição de situações do cotidiano:

- Exiba dois vídeos curtos que mostram o lançamento de um projétil em diferentes referenciais (exemplo: um objeto lançado por uma pessoa dentro de um carro em movimento e o mesmo lançamento visto de um ponto fixo na calçada).

- Instrua os alunos a observarem como o movimento parece diferente em cada referencial.

10-25 minutos: Problematização

1. Discussão com a turma:

- Faça perguntas instigantes, como:
 - “O que foi apresentado no primeiro vídeo (referencial fixo)?”
 - “E no segundo vídeo (referencial em movimento)?”
 - “O que muda entre os dois pontos de vista?”
 - “Por que o projétil parece se mover de forma diferente dependendo de quem observa?”
- Opção alternativa: aplique um questionário para incentivar a reflexão.

2. Levantamento de questões:

- Incentive os alunos a formularem perguntas sobre o movimento, como:
 - “O projétil está realmente se movendo mais rápido em um referencial do que em outro?”
 - “Como a velocidade do projeto é percebida por um observador dentro do carro e por outro que está parado?”
 - “O movimento seria o mesmo se estivesse ocorrendo no espaço?”

25-40 minutos: Discussão em grupo

1. Divisão da turma:

- Separe os alunos em grupos pequenos (3 a 5 alunos) para estimular a participação.

2. Discussão em grupos:

- Cada grupo deve discutir suas observações e levantar hipóteses sobre como e por que o movimento do projétil muda de acordo com o referencial.

- Perguntas norteadoras:
 - "Qual referencial parece mais 'correto'?"
 - "É possível descrever o movimento de um objeto sem considerar o referencial?"

3. Resumo das discussões:

- Peça que cada grupo compartilhe **uma ou duas observações relevantes**.

2ª Aula: Aprofundamento do Conceito de Referencial.

0-10 minutos: Recapitulação das observações e questões levantadas.

1. Recapitulação rápida:

- Relembre os principais pontos discutidos na aula anterior com perguntas como:
 - "O que observamos ao comparar os vídeos de diferentes referenciais?"
 - "Quais foram as principais dúvidas levantadas?"
- Reforce a ideia de que o movimento depende do referencial e que essa escolha afeta sua descrição.

10-25 minutos: Apresentação teórica (continuação)

1. Importância do referencial na descrição do movimento:

- Destaque que a descrição do movimento de qualquer objeto depende do referencial escolhido.
- Explique que:
 - Em um referencial inercial, as leis de Newton se aplicam diretamente.
 - Em um referencial não inercial, é necessário considerar forças fictícias (como a força centrífuga).
- Use **exemplos do cotidiano** para reforçar esse conceito:

- Um carro fazendo uma curva (referencial não inercial).
- O movimento de um objeto lançado no ar (referencial inercial).

2. Exemplos práticos e perguntas para os alunos:

- Estimule o raciocínio com questões como:
 - "Como seria a descrição do movimento de uma pessoa que anda dentro de um trem ou ônibus em movimento?"
 - "O que mudaria se observássemos esse movimento de fora do trem ou ônibus?"

4. Estimule o raciocínio com questões como:

- "Como seria a descrição do movimento de uma pessoa que anda dentro de um trem ou ônibus em movimento?"
- "O que mudaria se observássemos esse movimento de fora do trem ou ônibus?"

25-40 minutos: Atividade de fixação

1. Instrução para a atividade:

- Apresente situações do cotidiano envolvendo diferentes referenciais e peça que os alunos as analisem.
- Exemplos de situações:
 - Uma bola sendo lançada para cima dentro de um ônibus em movimento.
 - Uma pessoa observando um carro de um prédio enquanto o carro passa embaixo.
 - Um avião visto por alguém no chão e por outro passageiro dentro do avião.

2. Realização da atividade:

- Os alunos devem descrever o movimento de pelo menos **dois referenciais diferentes** (um referencial inercial e outro não inercial, se aplicável).
- Incentive a discutir em duplas ou grupos pequenos sobre as diferenças nas descrições do movimento.

3. Correção em sala e compartilhamento de ideias:

- Peça para alguns alunos compartilharem suas descrições.
- Questione:
 - "Como o movimento parece diferente dependendo do referencial?"
 - "Qual foi a principal diferença entre referenciais inerciais e não inerciais?"

4. Reflexão sobre a influência do referencial na descrição do movimento:

- Recapitule os pontos principais, destacando a importância da escolha do referencial.
- Explique que entender referenciais é essencial para analisar movimentos complexos (exemplo: satélites, veículos em movimento, objetos em queda).

3ª aula

0-10 minutos: Recapitulação das principais ideias discutidas na aula anterior

1. Recapitulação breve:

- Começando a relembrar os conceitos propostos na aula anterior sobre **referencial** e como ele influencia a descrição do movimento.
- Pergunte aos alunos:
 - "Como o movimento de um objeto muda dependendo do referencial?"
 - "Qual foi a principal conclusão de que vocês chegaram na última atividade?"
- Enfatize a importância de ter uma ferramenta que ajude a observar e analisar movimentos com precisão, como o **software Tracker**.

2. Introdução ao software:

- Explique que, a partir desta aula, o **Tracker** será utilizado como um **instrumento tecnológico** para auxiliar na análise de movimentos.
- Diga algo como: "Com o Tracker, você poderá ver os movimentos em detalhes e analisá-los como um verdadeiro cientista!"

10-25 minutos: Apresentação do software Tracker

1. Explicação do software:

- Mostre aos alunos a interface do **Tracker** em um projetor ou tela, destacando os recursos principais, como:
 - Ferramentas de **marcação de pontos** (para seguir o movimento de objetos quadro a quadro).
 - Uma função de **análise de trajetória** que permite estudar o movimento de um objeto.
 - A **criação de gráficos** de velocidade e tempo.
- Destaque que esse software será fundamental para **analisar os vídeos** produzidos e apresentados em aulas anteriores e será usado para estudar o movimento sob diferentes referenciais.

2. Demonstração prática:

- Abra um vídeo simples no Tracker (por exemplo, um objeto caindo ou sendo lançado) e faça uma **demonstração ao vivo** de como usar as funções básicas:
 - Como marcar o objeto em movimento.
 - Como medir a velocidade e a aceleração, ou tempo.
 - Como gerar gráficos que mostram a trajetória do objeto.
- Faça uma análise breve do movimento com base nas ferramentas usadas e demonstre a utilidade do Tracker para visualizar as leis do movimento.

3. Envolvimento dos alunos:

- Pergunte aos alunos:
 - "O que vocês acharam da ferramenta?"
 - "Como vocês acham que o uso do Tracker pode ajudar a entender melhor os conceitos que estamos estudando?"
- Incentive os alunos a experimentarem o software e a pensarem em **movimentos do cotidiano** que gostariam de analisar usando o Tracker.

25-40 minutos: Discussão em grupo

1. Divisão em grupos:

- Organize os alunos em pequenos grupos de 3 a 5 pessoas.
- Instrua cada grupo a discutir como eles podem usar o **software Tracker** para analisar movimentos observados no cotidiano e como isso pode ajudar a compreender os conceitos físicos presentes.

2. Discussão em grupos:

- Cada grupo deve compartilhar ideias sobre quais tipos de movimentos gostariam de capturar e analisar (por exemplo, uma bola quicando, um carro em movimento, ou uma pessoa correndo), no nosso caso vamos analisar o lançamento de uma bola de basquete lançada em um carro em movimento.
- Incentive-os a pensar em como podem aplicar as funcionalidades do Tracker para analisar diferentes aspectos do movimento (velocidade, aceleração, tempo, etc.).

3. Discussão sobre a produção do vídeo:

- Explique a importância de **produzir vídeos de qualidade** para garantir uma boa análise no software Tracker.
- Fale sobre os cuidados necessários, como:
 1. Escolha um cenário adequado, com boa iluminação.
 2. Garanta que o objeto ou pessoa em movimento seja capturado com segurança.
 3. Usar um **referencial fixo** durante a gravação para facilitar uma análise posterior.

4. Encerramento e expectativas para a próxima aula:

- Finalizar a aula reforçando o valor do uso de tecnologias como o Tracker para ampliar a compreensão dos movimentos na física.
- Diga algo como: "Na próxima aula, começaremos a trabalhar com os vídeos que vocês produzirão. Pensem em algo interessante para analisar!" Na nossa realidade já utilizaremos os vídeos produzidos pelo professor e reproduzido para eles na 1ª aula.
- Caso deseje utilizar vídeos produzidos pelos estudantes, incentive eles a já começarem a planejar o vídeo que gravarão, focando no tipo de movimento que desejam estudar.

4ª Aula

0-10 minutos: Recapitulação das principais ideias discutidas na aula anterior

1. Recapitulação rápida:

- Relembre os alunos sobre o que foi visto nas aulas anteriores, principalmente a **introdução ao software Tracker** e a **importância do referencial** na descrição dos movimentos.
- Pergunte:
 - "Por que o referencial é importante para descrever o movimento?"
 - "Como o uso do software Tracker pode nos ajudar a analisar esses movimentos?"

2. Introdução à atividade prática:

- Apresente o contexto da atividade do dia: análise do lançamento de um projétil a partir de **dois referenciais diferentes** (um fixo na Terra e o outro dentro de um veículo em movimento).
- Explique que eles irão utilizar o **software Tracker** para analisar ambos os vídeos e comparar as diferenças na descrição do movimento a partir dos dois pontos de vista.

- Destaque que o foco é aplicar o conhecimento aprendido sobre **referenciais** e perceber como o movimento é descrito de formas distintas.

10-25 minutos: Atividade de análise

1. Divisão dos alunos em grupos:

- Organize os alunos em pequenos grupos de 3 a 5 pessoas.
- Explique que cada grupo irá receber dois vídeos (um referente ao **referencial fixo** na Terra e o outro ao **referencial dentro do veículo** em movimento).

2. Instruções para a análise dos vídeos:

- Dê as instruções para o uso do **software Tracker**: cada grupo deve carregar os vídeos no Tracker e seguir o movimento do projétil.
- Oriente os alunos a observarem:
 - Como o movimento do projétil é descrito no **referencial fixo** (na Terra).
 - Como o movimento é descrito no **referencial móvel** (dentro do veículo).
- Eles deverão comparar os gráficos de deslocamento, velocidade e aceleração obtidos nos dois casos.

3. Realização da análise:

- Os alunos devem, em seus grupos, trabalhar nos vídeos e registrar as diferenças observadas entre os dois referenciais.
- Incentive-os a focar nas perguntas:
 - "Como o movimento parece diferente entre os dois vídeos?"
 - "Em qual referencial o movimento do projétil parece mais simples de descrever?"

25-40 minutos: Discussão em grupo

1. Compartilhamento de observações dentro do grupo:

- Cada grupo deve discutir as conclusões que chegaram durante a análise dos vídeos.
- Perguntas-chave para guiar a discussão:
 - "O que mudou na trajetória do projétil dependendo do referencial?"
 - "Em qual referencial é mais fácil aplicar as leis de Newton?"
 - "O que podemos aprender sobre o uso de referenciais diferentes na física?"

2. Apresentação das conclusões de cada grupo:

- Peça que cada grupo apresente uma ou duas observações principais sobre a diferença entre os dois referenciais.
- Incentive uma breve troca entre os grupos, destacando pontos em comum ou divergências nas conclusões.
- Realce a importância da comparação entre diferentes referenciais e como isso ajuda a descrever com precisão o movimento.

40-45 minutos: Reflexão final

1. Reflexão sobre a importância do conceito de referencial:

- Encerre a aula com uma breve reflexão sobre como o conceito de **referencial** impacta a descrição dos movimentos.
- Pergunte aos alunos:
 - "O que aconteceria se sempre usássemos apenas um referencial para descrever todos os movimentos?"
 - "Por que é importante considerar mais de um referencial para ter uma visão completa do movimento?"

2. Expectativa para a próxima aula:

- Informe aos alunos que na próxima aula eles continuarão aplicando o **software Tracker** em mais situações complexas, e que poderão gravar seus próprios vídeos para análise.
- Incentive-os a pensar em outros exemplos de movimentos cotidianos que gostariam de estudar com o software.

5ª Aula

0-10 minutos: Recapitulação das discutidas na última aula

1. Recapitulação breve:

- Inicie a aula lembrando as principais considerações da aula anterior, onde os alunos analisaram o movimento do projeto a partir de dois referenciais (um fixo e outro móvel).
- Perguntar:
 - "O que aprender sobre a diferença de descrição do movimento entre um referencial fixo na Terra e um dentro de um veículo em movimento?"
 - "Como as trajetórias do projeto se alteram conforme mudamos o referencial?"

2. Introdução ao novo cenário:

- Apresento a nova situação que será demonstrada hoje: o lançamento do projeto agora será apresentado de um **terceiro referencial**, um veículo que se move no **sentido oposto** ao veículo onde o projeto foi lançado.
- Explique que o objetivo é observar como o movimento do projeto é descrito neste novo referencial, comparando com as análises anteriores.

10-25 minutos: Atividade de análise

1. Instruções para a análise:

- Divida os alunos em **grupos** (se já não estiverem organizados) e explique que cada grupo receberá o vídeo do projeto sendo lançado com a perspectiva do veículo que se move no sentido contrário.

- Reforço que, como nas aulas anteriores, os alunos devem utilizar o **software Tracker** para analisar o movimento e focar nas seguintes questões:
 - "Como o movimento do projeto se altera quando observado de um veículo em sentido contrário?"
 - "Como isso afeta a velocidade e a trajetória aparente do projeto?"

2. Análise dos vídeos pelos grupos:

- Cada grupo deve analisar o vídeo fornecido, marcando o movimento do projeto quadro a quadro e comparando a trajetória, velocidade e aceleração.
- Os alunos deverão produzir gráficos comparando as análises feitas nos **três referenciais**: referencial fixo (na Terra), referencial em movimento (veículo original) e referencial no sentido oposto (novo veículo).

3. Conclusão preliminar:

- Antes de iniciar a discussão formal, cada grupo deve resumir as conclusões principais de sua análise e como o movimento se alterou entre os três referenciais.

25-40 minutos: Discussão em grupo

1. Compartilhamento de observações:

- Cada grupo deve compartilhar suas observações com a turma, destacando:
 - "O que mudou na trajetória e na velocidade do projeto no referencial do veículo no sentido contrário?"
 - "Como o movimento aparente do projeto se compara aos dois referenciais anteriores?"
- Incentiva uma discussão entre os grupos, destacando **semelhanças e diferenças** nas análises.

2. Discussão orientada:

- Conduza uma discussão sobre o impacto de observar o movimento a partir de um veículo em **sentido contrário**, explicando conceitos como **velocidade relativa**:
 - "Por que a trajetória parece diferente?"
 - "Como a velocidade do projeto se soma ou se subtrai dependendo do referencial?"
- Use exemplos práticos do cotidiano (como a visão de um carro em movimento quando apresentado de outro veículo em direção oposta) para contextualizar o conceito de **velocidade relativa**.

40-45 minutos: Reflexão final

1. Síntese do aprendizado:

- Encerre a aula com uma recapitulação das principais ideias discutidas:
 - "O que o novo referencial trouxe de diferente na descrição do movimento?"
 - "Como a comparação entre diferentes referenciais ajuda a entender melhor o movimento de um objeto?"
- Reforce a importância de sempre considerar o referencial da física para obter uma descrição mais completa e precisa.

2. Preparação para a última aula:

- Informe aos alunos que a próxima aula será a **conclusão do ciclo de atividades**, onde eles deverão aplicar os conceitos aprendidos e apresentar **suas próprias análises** de movimentos, usando o **software Tracker**.
- Incentivo os alunos a **pensarem em vídeos** ou movimentos que gostariam de gravar e analisar para a última aula, mostrando que usam o máximo de criatividade para aplicar os conceitos de **referenciais e velocidade relativa**.

6ª Aula – Explorando Movimentos: A Relevância dos Referenciais no Lançamento de Projéteis

0-10 minutos: Revisão Sintética

1. Revisão dos principais conceitos:

- Inicie a aula retomando os conceitos fundamentais discutidos nas aulas anteriores:
 - **Referenciais** (fixo e móvel) e seu impacto na descrição do movimento.
 - Velocidade relativa, exemplificada pelos vídeos analisados de lançamentos de projéteis em diferentes referenciais.
 - Uso do software Tracker para visualizar e analisar os movimentos.
- Utilize um resumo visual no quadro ou projetor, com diagramas e gráficos, para ilustrar como a trajetória e a velocidade do projétil mudam em cada referencial.

2. Interação com os alunos:

- Faça perguntas para engajar a turma e reforçar a compreensão:
 - "Como a descrição do movimento muda ao alterar o referencial?"
 - "O que é velocidade relativa e como ela influencia nossa percepção do movimento?"
- Peça aos alunos que tragam exemplos do cotidiano em que os conceitos de referenciais e velocidade relativa são observados, como em transportes ou esportes.

10-35 minutos: Atividade Avaliativa

1. Explicação da atividade:

- Informe que realizarão uma atividade de fixação e verificação do aprendizado, que pode incluir:
 - Questões objetivas e discursivas curtas.

- Análise de um pequeno vídeo no Tracker.
- Interpretação de gráficos de movimento.

2. Realização da atividade:

- Distribua a avaliação e oriente os alunos. Exemplos de questões:
 - Descrever o movimento de um objeto em diferentes referenciais.
 - Explicar o conceito de velocidade relativa e sua influência na percepção do movimento.
 - Interpretar gráficos e descrever trajetórias em referenciais móveis.
- Enquanto os alunos realizam a atividade, circule pela sala para tirar dúvidas e garantir que compreendam as questões.

35-40 minutos: Discussão dos resultados

1. Correção interativa:

- Após a avaliação, realize uma correção participativa, destacando pontos comuns de dificuldade.
- Caso haja dúvidas recorrentes sobre velocidade relativa, use um exemplo prático para reforçar a explicação.
- No quadro, demonstre a resolução de questões mais complexas, especialmente as que envolvem gráficos e interpretação de dados.

2. Sessão de dúvidas:

- Abra espaço para perguntas e esclarecimentos.
- Peça aos alunos que compartilhem quais conceitos acharam mais difíceis e explique de forma mais acessível.

40-45 minutos: Encerramento

1. Considerações finais:

- Encerre a aula agradecendo o empenho dos alunos.

- Destaque como os conceitos de referencial e velocidade relativa são essenciais na física e têm aplicações diretas no mundo real.
- Relacione o tema com situações práticas, como esportes, transportes e até videogames, incentivando a curiosidade científica.

2. Despedida e agradecimentos:

- "Vocês deram um grande passo na compreensão de conceitos fundamentais da física. Continuem observando o mundo com um olhar científico!"
- Reforce a importância da experimentação e análise para consolidar o aprendizado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É essencial que esta unidade didática seja flexível e adaptável às características de cada turma, levando em conta fatores como o tempo disponível, a realidade dos alunos e as condições da escola. Para uma aplicação mais efetiva, recomenda-se que a escola disponha, sempre que possível, de um laboratório de informática em pleno funcionamento, permitindo que os estudantes manuseiem diretamente o software Tracker. Além disso, é fundamental estimular a curiosidade dos alunos, incentivando-os a buscar exemplos do conceito de referencial em seu cotidiano e a explorar sua aplicação em diferentes contextos. Superar as dificuldades impostas pela realidade educacional brasileira também é um desafio constante, dada a precariedade de infraestrutura em muitas escolas públicas, onde frequentemente faltam recursos básicos, e o acesso a laboratórios de informática ainda é limitado.

De acordo com dados do Censo Escolar de 2018, divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), apenas 44,1% das escolas de ensino médio no Brasil possuíam laboratórios de ciências. Especificamente na rede pública, esse percentual era de 38,8%, enquanto na rede privada alcançou 57,2%. Já nas escolas federais, a presença desses laboratórios atingia um percentual significativamente maior, chegando a 83,4%.

No ensino fundamental, a situação é ainda mais desafiadora. Segundo o Censo Escolar de 2020, 38,3% das escolas municipais dispunham de computadores de mesa, 23,8% possuíam computadores portáteis e 54,4% contavam com projetos multimídia. Entretanto, não há um levantamento detalhado sobre a presença de laboratórios de ciências ou informática, o que indica uma lacuna na infraestrutura tecnológica dessas instituições.

Até o momento, não foram encontrados dados mais recentes que atualizem essas informações para o início da década de 2020. Vale destacar que a disponibilidade de laboratórios e recursos tecnológicos varia significativamente entre as regiões e os diferentes tipos de gestão escolar, refletindo as desigualdades estruturais no sistema educacional brasileiro.

Diante desse cenário, é importante que os estudantes sejam estimulados a buscar alternativas para acessar recursos tecnológicos, sempre que necessário. Bibliotecas públicas, centros de informática e até mesmo o apoio de familiares e amigos podem ser opções viáveis para complementar sua formação, especialmente para aqueles que não dispõem dessas ferramentas em sua escola ou residência. Além disso, estratégias pedagógicas que não dependam exclusivamente do uso de computadores devem ser consideradas, garantindo que todos os alunos possam explorar os conceitos propostos, independentemente das limitações estruturais.

5. REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. A Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1980. https://wp.ufpel.edu.br/ayala/files/2019/09/ausubel_moreira.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 15 Agost. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Parte I – Bases Legais. Brasília. MEC/SEMTEC, 2000a. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília. MEC/SEMTEC, 2000b. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC/SEF, 1998 <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica. – Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio ; volume 2) http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 29 out. 2024.

Curso de física básica, 1: mecânica / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, c2002. 364p. (Docência em formação Ensino fundamental) ISBN: 8524908580

Desenvolvimento e utilização de um aplicativo móvel brasileiro para videoanálise: “Videoanalizando” Development and utilization of a Brazilian mobile application for videoanalysis: “Videoanalizando” Giulio Domenico Bordin¹, Igor Henrique França¹, Arandi Ginane Bezerra Junior*¹ ¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 44, e20220058 (2022), Produtos e Materiais Didáticos www.scielo.br/rbef DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0058>. Acesso em: 19 out. 2023.

Estudo de Colisões Inelásticas por meio da Videoanálise+* Guilherme Almeida Montoli
¹ Graduando do curso de Licenciatura em Física Instituto Federal de Educação, Ciência de Tecnologia do Amazonas João dos Santos Cabral Neto¹ Instituto Federal de Educação, Ciência de Tecnologia do Amazonas Manaus – AM DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p865>. Acesso em: 10 nov. 2023.

Einstein, A., & Born, M. (1971). *As Cartas Born-Einstein: Correspondência entre Albert Einstein e Max Born de 1916 a 1955 com comentários de Max Born*. Walker.

Fundamentos de física, volume 1 : mecânica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Dados do Censo Escolar – Noventa e cinco por cento das escolas de ensino médio têm acesso à internet, mas apenas 44% têm laboratório de ciências. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/dados-do-censo-escolar--noventa-e-cinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-mas-apenas-44-tem-laboratorio-de-ciencias?>. Acesso em: 06 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Pesquisa revela dados sobre tecnologias nas escolas. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/pesquisa-revela-dados-sobre-tecnologias-nas-escolas?>. Acesso em: 06 dez. 2024.

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8206660/mod_resource/content/1/Texto%202. Acesso em: 09 mai. 2024.

MOREIRA, M.A (2011). Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria de Física. https://lfteditorial.com.br/wp-content/uploads/2022/04/9788578611118_Aprendizagem-Significativa.pdf . Acesso em: 14 Set. 2023.

Santana, Alessandro Alves. "Geometria Analítica". Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013. podemos acessá-lo através do Repositório Institucional da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Aqui está o link direto para o livro: Geometria Analítica - Repositório UFU. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25321> . Acesso em: 17 jul. 2024.

Apêndice A – Questionário de problematização.

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA	DATA ____ / ____ / ____
COMPONENTE CURRICULAR: _____	PROFESSOR (A): _____	Aula 01
ALUNO (A): _____		
INSTRUÇÕES		
Responda o questionário de problematização sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores). Entregue esse questionário ao final do tempo determinado pelo professor.		

Questionário de problematização

Você vem caminhando para escola e em parte do seu percurso, encontrou uma pequena pedra e a pegou. De forma natural arremessa para cima de maneira que ela cai novamente em sua mão, enquanto caminha tranquilamente de um jeito que podemos caracterizar que sua velocidade não muda com o passar do tempo. Desprezando-se a resistência do ar, com base nessa informação responda as questões 1, 2 e 3.

1 - Qual o tipo de trajetória realizada pela pedra para você?

- A) Uma trajetória retilínea.
- B) Uma curva elíptica.
- C) Uma trajetória circular.
- D) Uma trajetória retilínea e uniforme.
- E) Uma trajetória parabólica.

2 – Um amigo que vem ao seu lado caminhando seguindo seu ritmo de passadas verá o mesmo tipo de trajetória que você?

- A) Sim, ele verá uma trajetória retilínea.
- B) Não, porque para ele a pedra realiza uma trajetória retilínea.
- C) Sim, porque ele verá uma trajetória parabólica.
- D) Sim, porque ambos enxergam uma trajetória elíptica.
- E) N. D. A.

3 – Uma terceira pessoa sentada em uma cadeira na frente de uma casa está observando vocês passarem enxerga a mesma trajetória que você?

- A) Sim, porque a pessoa verá uma trajetória retilínea.
- B) Não, porque para ela a trajetória da pedra é uma linha reta.
- C) Não, porque para ela a trajetória da pedra é parabólica em relação ao chão.
- D) Sim, porque a trajetória da pedra é independente do observador.
- E) Não, porque a trajetória para ela é uma curva parabólica.

Considerando a situação anterior, porém com a seguinte diferença, você embarcou em um ônibus e encontra-se sentado em uma das cadeiras durante um momento do percurso em que a pista é uma linha reta, sem buracos e quebra-molas, onde o motorista manteve a velocidade sempre em 60 km/h. Você realizou um arremesso para cima de maneira que a pedra cai novamente em sua mão. Com base nessa informação responda as questões 4, 5, 6 e 7.

4 – A trajetória realizada pela pedra em relação a você tem as mesmas características enxergada por você na primeira situação?

- A) Sim, a trajetória é parabólica.
- B) Sim, a trajetória é retilínea.
- C) Não, a trajetória é circular.
- D) Não, a trajetória é elíptica.
- E) Não, a trajetória é curvilínea.

5 – Um amigo sentado ao seu lado verá o mesmo tipo de trajetória que você?

- A) Sim, ele verá uma trajetória retilínea.
- B) Sim, ele verá uma trajetória parabólica.
- C) Não, ele verá uma trajetória circular.
- D) Não, ele verá uma trajetória elíptica.
- E) Não, ele verá uma trajetória curvilínea.

6 – Uma pessoa fora do ônibus, parada em relação a um poste enxerga a mesma trajetória que você?

- A) Sim, ela verá uma trajetória retilínea.
- B) Sim, ela verá uma trajetória parabólica.
- C) Não, ela verá uma trajetória circular.
- D) Não, ela verá uma trajetória elíptica.
- E) Não, ela verá uma trajetória curvilínea.

7 – Uma pessoa dentro de outro ônibus que realiza o movimento no sentido contrário ao do seu, mas está com mesma velocidade, tendo condições de visualizar perfeitamente a pedra ser arremessada por você. Enxerga que tipo de trajetória?

- A) Retilínea.
- B) Parabólica.
- C) Circular.
- D) Elíptica.
- E) Curvilínea.

Apêndice B – Atividade de fixação.

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA	DATA ____/____/____
COMPONENTE CURRICULAR: _____	PROFESSOR (A): _____	Aula 02
ALUNO (A): _____		
INSTRUÇÕES Responda a atividade de fixação sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores). Entregue esse questionário ao final do tempo determinado pelo professor.		

Atividade de Fixação

1 – O que é um sistema de coordenadas?

2 – Quantas e quais são as principais informações necessárias para entendermos um sistema de coordenadas?

3 – Quais os sistemas de coordenadas mais utilizados pela física?

4 – Quais as diferenças e semelhanças existente entre os sistemas de coordenadas?

5 – O que é posição?

6 – Qual a forma de representarmos uma posição?

7 – O que é referencial?

8 – O que é um referencial inercial? Dê um exemplo.

9 – O que é um referencial não inercial? Dê um exemplo.

10 – O referencial para Astrogildo e Ermenegildo é o mesmo tendo em vista que observam uma situação como descrito a seguir? A pessoa A vem caminhando de forma natural, mantendo sempre o ritmo de passadas, de uma maneira que podemos caracterizar que sua velocidade não muda com o passar do tempo, trazendo em sua mão uma pedrinha com a qual realiza um arremesso para cima de maneira que ela cai novamente em sua mão. Astrogildo vem da mesma forma que A caminhando ao seu lado esquerdo e observa o movimento realizado pela pedra, enquanto Ermenegildo encontrava-se sentado em uma cadeira na frente de uma casa observando Astrogildo e A passarem. Explique sua resposta.

Apêndice C – Avaliação.

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA	DATA ____/____/____
COMPONENTE CURRICULAR: _____	PROFESSOR (A): _____	Aula 06
ALUNO (A): _____		
INSTRUÇÕES Responda a avaliação sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores). Entregue esse questionário ao final do tempo determinado pelo professor.		

Avaliação

- 1 – O que foi apresentado no primeiro vídeo em que o referencial é fixo na terra?

- 2 – O que foi apresentado no segundo vídeo em que o referencial é o próprio veículo?

- 3 – O que muda entre os dois pontos de vista?

- 4 – Por que o projétil parece se mover de forma diferente dependendo de quem observa?

- 5 – O projétil está realmente se movendo mais rápido em um referencial do que em outro?

- 6 – O movimento seria o mesmo se fosse realizado no espaço?

- 7 – É possível descrever o movimento de um objeto sem considerar o referencial?

8 – Como o movimento do projétil se altera quando observado de um veículo em sentido contrário?

9 – Como isso afeta a velocidade e a trajetória aparente do projétil?

10 – O que é velocidade relativa e como ela se aplica aos casos que analisamos?

Apêndice D – QR code e link para acesso aos vídeos 01, 02 e 03.



<https://www.instagram.com/mestrefisico22?igsh=MXU2eGZiZXo0YndqMA==>