



**RELAÇÃO ENTRE FORÇA DE ATRITO E ÁREA DE CONTATO:
UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM
PROBLEMAS UTILIZANDO O *SOFTWARE TRACKER* COMO RECURSO
DIDÁTICO.**

ERIVALDO DOUGLAS SANTOS DE LIMA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alagoas no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):
Dr. Elton Malta Nascimento

Maceió
Janeiro de 2023

ERIVALDO DOUGLAS SANTOS DE LIMA

**RELAÇÃO ENTRE FORÇA DE ATRITO E ÁREA DE CONTATO:
UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM
PROBLEMAS UTILIZANDO O *SOFTWARE TRACKER* COMO RECURSO
DIDÁTICO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alagoas no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):
Dr. Elton Malta Nascimento

Maceió
Janeiro de 2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

L732r Lima, Erivaldo Douglas Santos.
Relação entre força de atrito e área de contato : uma proposta de aplicação da aprendizagem baseada em problemas utilizando o software tracker como recurso didático / Erivaldo Douglas Santos Lima. – 2023.
62 f. : il. color.

Orientador: Elton Malta Nascimento.
Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Física. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 60-62.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Metodologias ativas de ensino. 3. Aprendizagem baseada em problemas. 4. Software Tracker. I. Título.

CDU: 53: 371.3

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e a minha família que me apoiaram nessa longa jornada de produção.
Minha família e principalmente a minha esposa.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Ernesto, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida, que no final desse projeto não pode estar presente em vida. A minha mãe, Eliane, por acreditar em mim, e não medir esforços para a concretização dos meus sonhos.

À minha esposa, Thayse Islane e aos meus filhos, pelo apoio e força diária para que esse trabalho pudesse ser concluído. Sem vocês, nada seria possível. Amo vocês com amor eterno.

Aos meus amigos, irmãos que eu não tive, e anjos que Deus colocou em meu caminho. Mesmo com a distância, sempre se fizeram presentes na minha vida e estarão sempre em meu coração. Obrigada pelo companheirismo, apoio e amizade incondicional.

Ao professor, Dr. Elton Malta, que me acompanhou desde o início da graduação, passando pelo intercâmbio ao qual se empenhou em nos manter firme na pesada jornada de estudar no exterior. Sempre foi um grande exemplo para mim, e hoje, agradeço por ter me incentivado a seguir no caminho da pós-graduação. Muito obrigada por tudo!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pela bolsa concedida e incentivo financeiro a este programa de Pós-Graduação.

Por fim, o agradecimento mais importante: agradeço a Deus e a Nossa Senhora, por estarem sempre comigo, me guiando, iluminando cada passo meu e me abençoando. Obrigada por me darem a fé e a força necessária para lutar e enfrentar todos os obstáculos, sem nunca desistir. Agradeço a Deus e a Nossa Senhora por me abençoarem com tantos presentes divinos, me dando talvez além do que posso merecer.

RESUMO

Em boa parte das escolas do Ensino Médio, o ensino de Física ainda mantém seu foco no ensino tradicional, com aulas centradas no professor, unidirecional e sempre de cima para baixo. Porém, diante dos avanços tecnológicos, do desenvolvimento de novas teorias de aprendizagem e de metodologias de aprendizagem no ensino de Física, esse trabalho tem como objetivo quebrar a barreira do ensino tradicional e a escola nova, trazendo como foco principal o aprender fazendo, e tornar o aluno responsável por sua própria aprendizagem, desenvolvendo o protagonismo e caráter investigativo. Para esse fim, utilizaremos a teoria de John Dewey em que o processo ensino-aprendizagem se centraliza nas experiências vivenciadas. A teoria de Vygotsky traz também, que a aprendizagem está ligada à relação indivíduos/sociedade. Na metodologia será proposta uma atividade que investiga a relação entre a força de atrito, a área de contato de um objeto e a superfície que se apoia, baseando-se em metodologias ativas, especificamente na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb) aliadas a recursos didáticos e utilizando o *software Tracker* para análise de vídeos em forma de produto educacional. É importante salientar que este produto educacional terá caráter instrucional e será consultado por outros professores para ser replicado em outras escolas. Os resultados deste trabalho, analisados após aplicação na Escola Técnica Ariano Vilar Suassuna, localizado na cidade de Garanhuns, no estado de Pernambuco, em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, ressaltam a independência do aluno na construção de sua própria aprendizagem, mostrando-se crítico e lidando com situações contraintuitivas no sentido fenomenológico dos conceitos envolvendo a força de atrito e sua relação com as superfícies de contato.

Palavras Chaves: Metodologias-ativas, Aprendizagem Baseada em Problemas, Tracker, Protagonismo

ABSTRACT

In most high schools, the education of Physics still maintains its focus on traditional education, with classes centered on the teacher, unidirectional and always from top to bottom. However, in face of technological advances, the development of new theories of education and learning methodologies of the domain of Physics, this dissertation aims to break the barrier of traditional teaching and the new school, bringing as a main focus the learning as you do, and make the student responsible for their own education, developing protagonism and investigative character. For that, we will use John Dewey's theory in which the process of teaching-learning is centered on an individual's lived experiences. Vygotsky's theory also brings up that the education is related to the relationship between individuals and society. In the methodology an activity will be proposed which investigates the relation between frictional force and contact area of an object and the surface it supports, based on active methodologies, specifically in Problem-based Learning (PBL) combined with didactic resources and using the Tracker software to analyze videos as a mean of educational product. It is important to point out that this educational product will have an institutional character and will be consulted by other teachers to be replicated in different schools. The results of this dissertation, analyzed after application at Ariano Vilar Suassuna Technical School, located in the city of Garanhuns, in the state of Pernambuco, in a 1st year of high school class, highlight the student's independence in the construction of their own education, being critical and dealing with constructive situations in the phenomenological sense of the concepts involving the frictional force and its relation with contact surfaces.

Keywords: Active-Methodologies, Problem-based Learning (PBL), Tracker, Protagonism

Lista de Figuras

Figura 1 - Vetor posição num tempo	13
Figura 2- Bloco sobre um plano horizontal	18
Figura 3 - Força Normal no plano horizontal, plano inclinado e na parede	19
Figura 4 - Bloco em repouso sobre um plano inclinado	199
Figura 5 - Orientação dos eixos no plano inclinado	199
Figura 7 - Força de atrito	20
Figura 8 - Plano Inclinado deslizando sobre um plano	222
Figura 9 - Etapas da ABProb	344
Figura 10 - Captura das posições no software Tracker	366
Figura 11 - Gráfico gerado pelo software Tracker para os pontos capturados	377
Figura 12 - Análise de Vídeos	377
Figura 13 - Objetos utilizados na ETAPA (A)	433
Figura 14 - Objetos utilizados na ETAPA (B)	444
Figura 15 - Resposta inicial quanto a pergunta “A força de atrito para um bloco que se move numa superfície sujeito a uma força constante tem relação com a sua área de contato?”	499
Figura 16 - Coeficiente de atrito em função da aceleração	50
Figura 17 - Ajuste da Curva para a ETAPA A	50
Figura 18 - Ajuste da Curva para a ETAPA B	51
Figura 19 - Parâmetros para ETAPA A	512
Figura 20 - Parâmetros para ETAPA B	522
Figura 21 - Resultado do coeficiente na ETAPA A	522
Figura 22 - Resultado do coeficiente na ETAPA B	522
Figura 23 - Resultado acerca da situação problema	552
Figura 24 - Relação entre força de atrito e área de contato	566
Figura 25 - Respostas	566
Figura 26 - Respostas sobre os resultados	577
Figura 27 - Interesse no uso do recurso didático	577
Figura 28 - Respostas quando as etapas da ABProb	588

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTOS DA FÍSICA	13
2.1 Posição de um ponto material	13
2.2 Velocidade do ponto material	14
2.3 Aceleração	15
2.4 Movimento Uniformemente Variado.....	15
2.5 A Mecânica Newtoniana	16
2.6 Lei da Inércia	16
2.7 Princípio Fundamental da Dinâmica	17
2.8 Ação e Reação	17
2.9 Força Normal num plano inclinado em equilíbrio	19
2.10 Força de Atrito	20
2.11 Coeficiente de atrito num plano inclinado	21
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
3.1 Fundamentos teóricos de John Dewey	23
3.2 A experiência.....	25
3.3 O sócio-construtivismo e a interação social	26
3.4 Aprendizagem Significativa.....	29
4 METODOLOGIAS	31
4.1 Metodologias e Recursos	31
4.2 Metodologias Ativas.....	32
4.3 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb)	33
4.4 Recursos didáticos	35
5 REFERENCIAL TEÓRICO	39
6 PRODUTO EDUCACIONAL	42
6.1 Preparação do Material	42
6.2 Parte 1 - Elaboração feita pelo Professor	43
6.3 Justificativa e dicas na escolha dos materiais	44
6.4 A câmera de vídeo	44
6.5 O plano inclinado.....	44
6.6 Objetos	45
6.7 Fundo em contraste.....	45
6.8 Parte 2 - Aplicação da ABProb	45
6.9 Passo 1 – Discutir o Tema:.....	46
6.10 Passo 2 – Identificar Perguntas:	46
6.11 Passo 3 -Brainstorming:	46
6.12 Passo 4 – Análise de resultados no Brainstorming:	46
6.13 Passo 5 – Definir tarefas e objetivos de aprendizagem:	46
6.14 Passo 6 – Estudar o tema.....	47
6.15 Passo 7 - Sintetizar os resultados/soluções/reflexões:	47
6.16 Observações acerca da aplicação da ABProb	47
6.17 Aplicação do Produto Educacional	48
7 RESULTADOS.....	55
8 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE.....	63

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho tem como objetivo geral a elaboração de um produto educacional que visa a melhoria no ensino de física e que seja reaplicável no sentido de validação, utilizando-se de uma abordagem metodológica de caráter investigativo, fazendo uso da Aprendizagem Baseada em Problema (ABProb) e utilizando como recurso didático o *software* de análise de vídeo *Tracker*.

A presente pesquisa encontra-se embasada nos ditames da física que estão interligados pela causa e efeito entre a força de atrito e a área de contato. Tal lei, muito estudada por sinal, aqui encontrará uma versão e aplicabilidade nos meios tecnológicos ao utilizar o software *Tracker* como recursos para resolução desses problemas. Sem contar que os meios para esta utilização estão situados na Aprendizagem Baseada em Problemas.

A abrangência da pesquisa se encontra na causalidade de ao utilizar metodologias ativas para o ensino de física, transformará o aluno em um ser atuante e conectado com o que acontece ao seu redor. Das metodologias ativas utilizadas, nós abordaremos a ABProb, aprendizagem baseada em problemas, onde através de um problema real o aluno é forçado a desenvolver meios de pesquisa e relacionamento, através do trabalho individual e coletivo. Este trabalho é utilizado com o software *Tracker*, para o aluno responder as indagações que lhe são passadas.

Diante das intempéries do ensino educacional brasileiro, um fator que permanece em evidência é a importância das pessoas que fazem diferença nesse meio. A estagnação da metodologia de ensino-aprendizagem, tão comum a dezenas de anos necessita de uma modificação. E na física isso não é diferente. Esse marasmo pelo qual passa os alunos quando se dirigem às escolas é sinônimo de que algo está errado e que precisa ser mudado. É incentivando e transmitindo para o aluno novas formas de fazer, colocando em suas mãos o papel de responsável pelo rumo a ser seguido que tudo começa a mudar, conforme observado em outras instituições que aplicam a APB.

Portanto, buscou-se reunir dados/informações com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: Como a metodologia ativa APB, aprendizagem baseada em problema, ao fazer uso do software *Tracker* na física consegue responder os problemas de força de atrito e da área de contato?

Objetivo Geral

Elaborar um produto educacional que possa ser aplicado em uma turma do primeiro ano do ensino médio, com uma abordagem metodológica de caráter investigativo, fazendo uso da Aprendizagem Baseada em Problema (ABProb) e utilizando como recurso didático o software de análise de vídeo Tracker.

Objetivos Específicos:

- (I) Implementar o uso de metodologias ativas no ensino de física;
- (II) Fazer uso de recursos didáticos e metodológicos, como o software Tracker;
- (III) Construir junto com o discente o pensamento crítico;
- (IV) Instigar a pesquisa e a investigação;
- (V) Saber utilizar as informações acerca da situação-problema;
- (VI) Desenvolver o pensamento sistêmico para que o aluno possa entender os fatos envolvidos na situação;
- (VII) Tornar o aluno protagonista e responsável pela sua própria aprendizagem.

O que nos motiva a abordar este tema de ensino é levarmos aos alunos uma nova metodologia de ensino que vem dando certo no mundo e que faz frente ao método corriqueiro, no qual ele é sabedor de toda a desmotivação que o acomete. A importância de um novo jeito de pensar e fazer as coisas no meio educacional é o que leva a grande diferenciação para a vida do aluno que agora consegue tratar o mundo com outros olhos, com ponto de vista crítico. A utilidade da APB na física é extremamente imensurável e se expande para outras áreas da vida. Nada é mais importante que pensar por si mesmo e ter o seu senso crítico aguçado.

Utilizamos um referencial bibliográfico, através de livros e artigos e uma pesquisa para a utilização prática da APB através do Tracker. E uma descrição da metodologia APB para complementarmos a nossa análise.

Esta tese de mestrado estrutura-se em quatro capítulos, apresentando-se no primeiro os fundamentos físicos, base teórica e norteadora do princípio da aplicabilidade dos demais itens dos demais segmentos. No segundo capítulo é abordada a fundamentação teórica onde é introduzido o conceito educacional sendo referenciado vários autores de diversas épocas. Em seguida o próximo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica com a análise da metodologia APB,

aprendizagem baseada em problema, tão mencionada nesta tese. dando prosseguimento continuamos com a metodologias abordando a forma que este trabalho se fez tangível para a análise dos que assim se dispuserem aborda-se com mais ênfase a APB

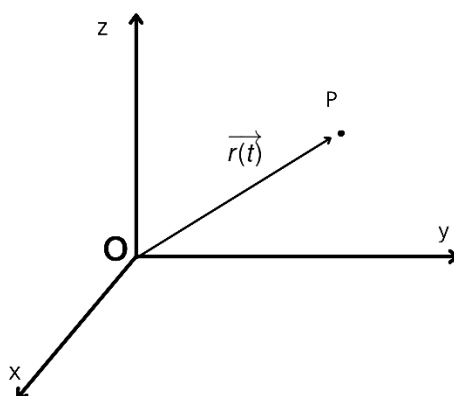
2 FUNDAMENTOS DA CINEMÁTICA E DINÂMICA

É de extrema importância o conhecimento dos fenômenos físicos e dos conceitos importantes relacionados a este trabalho. Neste capítulo, é mostrado todo conteúdo envolvido na aplicação do produto educacional, passando pelas questões mais importantes sobre o movimento em diversos contextos, introduzindo os conceitos de força através das Leis de Newton e da relação entre força de atrito e o movimento.

2.1 Posição de um ponto material

Um ponto material localizado em ponto P em um determinado instante de tempo t , em relação ao sistema OXYZ, sua posição é dada pelo vetor $\vec{r}(t)$ com origem em O, como mostra a figura 1.

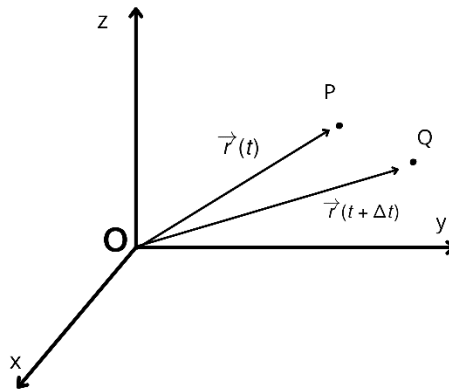
Figura 1 - Vetor posição num tempo



Fonte: Autor

A esse vetor $\vec{r}(t)$, chamamos vetor posição, onde define a posição de um ponto material em instante t da origem do sistema de coordenadas. Em instante seguinte, $t' = t + \Delta t$ o ponto material se encontra numa outra posição Q onde o vetor posição será $\vec{r}(t') = \vec{r}(t + \Delta t)$, como mostra a figura 2.

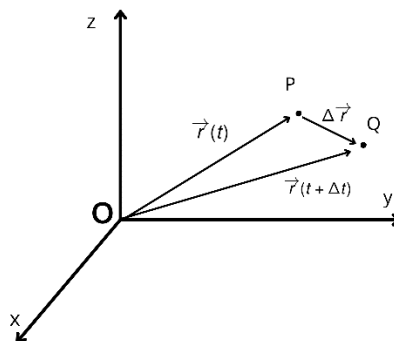
Figura 2- Vetor posição em outro instante t



Fonte: Autor

Podemos então definir o deslocamento sofrido pelo ponto material num intervalo de tempo Δt como $\overline{\Delta \vec{r}} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$, como mostra a figura 3.

Figura 3- Deslocamento



Fonte: Autor

2.2 Velocidade do ponto material

A grandeza física definida pela taxa variação do vetor posição no tempo é chamada velocidade \vec{v} , que pode ser definida por

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Ou seja, a velocidade é definida pela derivada do vetor posição em relação ao tempo. A velocidade \vec{v} é uma grandeza vetorial.

2.3 Aceleração

Quando há variação do vetor velocidade em um intervalo de tempo temos uma grandeza chamada aceleração \vec{a} , definida por

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

Ou seja, a aceleração é definida pela derivada do vetor velocidade em relação ao tempo ou a segunda derivada da posição em relação ao tempo.

É importante observar que a aceleração não só é definida pela variação do módulo da velocidade, mas também da direção e sentido. Assim, podemos escrever a aceleração em função das componentes, tangencial e paralelas ao vetor velocidade, sendo essa das duas componentes perpendiculares entre si, podemos então escrever a o vetor aceleração como

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \hat{t} + v \frac{d\hat{t}}{dt}$$

Onde \hat{t} , poderá ter sua direção e sentido variando no tempo embora tenha módulo constante.

Neste trabalho, iremos no importar apenas com movimentos retilíneos e portando a derivada em relação ao tempo o vetor unitário \hat{t} , será igual a 0

$$\frac{d\hat{t}}{dt} = 0$$

Assim, o vetor aceleração para um movimento retilíneo é definido por

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \hat{t}$$

Onde \hat{t} , terá direção e sentido tangencial ao vetor velocidade.

2.4 Movimento Uniformemente Variado

Define-se como uniformemente variado o movimento ao qual o módulo do vetor aceleração se mantém constante e não nulo.

$$|\vec{a}| = \left| \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \right| = \text{constante} \neq 0$$

Para um corpo que se move mantendo o vetor aceleração constante, podemos determinar a velocidade $\vec{v}(t)$, portanto vamos considerar que um móvel se desloca num intervalo de tempo definido por $[t_0, t]$, assim

$$\vec{v}(t) - \vec{v}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{a} dt = \vec{a}(t - t_0)$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}(t_0) + \vec{a}(t - t_0)$$

Da mesma forma, podemos definir a posição de um ponto material,

$$\vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{v}(t') dt'$$

$$\vec{r}(t) = \vec{r}(t_0) + \vec{v}(t_0)(t - t_0) + \frac{1}{2}\vec{a}(t - t_0)(t - t_0)$$

Considerando $t_0 = 0$, e considerar que o movimento se dá em uma única direção, escrevemos então, para uma partícula que se move na direção dos eixo y , sem perdas de generalidade, a função da posição em relação ao tempo é:

$$y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

2.5 A Mecânica Newtoniana

O estudo dessa secção está relacionado a mecânica newtoniana, proposta por Newton no Livro Princípios Matemáticos da Filosofia Natural publicado em 1687. O livro é composto por oito definições e três axiomas, onde as oito definições podem ser agrupadas em função dos conceitos de matérias, movimento e força. (BALOLA, 2011)

2.6 Lei da Inércia

Na visão de Aristóteles, um corpo só poderá estar em movimento quando nele existir a ação de uma força, assim o movimento cessa quando ação da força deixa de existir. Galileu propôs em seu trabalho “Diálogo sobre os dois principais

sistemas do mundo”, publicado no de 1635 um experimento imaginário que descreve um objeto sobre um plano horizontal perfeitamente liso que desliza sobre a ação de uma força, e então, a força deixando de atuar o corpo se deslocaria “tão longe quando a superfície se estendesse sem subir nem descer”, como descrito em sua obra.

Tal movimento descrito, com $\vec{v} \neq 0$, e $\vec{F}_R = 0$, sendo \vec{F}_R a força resultante, pode ser chamado movimento retilíneo uniforme. Assim, Galileu descreve o que seria a noção de inércia:

“A primeira lei *Todo corpo persiste em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme a menos que seja compelido a modificar este estado pela ação de forças sobre ele”* (ANTUNES, 2018)

Decorre que a “Lei da Inércia” é válida apenas para referenciais inerciais, sendo importante o respeito a análise em referenciais inerciais.

2.7 Princípio Fundamental da Dinâmica

Para qualquer alteração sofrida por um corpo em seu estado natural, se dá pela ação de uma força, ou seja, qualquer variação na velocidade \vec{v} , o corpo se sujeitou a ação de uma força,:

“Segunda Lei *A soma das forças que atuam sobre um corpo é igual ao produto de seu coeficiente de inércia pela sua aceleração”* (ANTUNES, 2018)

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Essa lei, é que foi definida como o “Princípio Fundamental da Dinâmica”.

Onde m é a massa do corpo e para cada corpo a mesma força aplicada produzirá acelerações diferentes.

2.8 Ação e Reação

Neste ponto, falaremos das forças de interação quando dois corpos interagem.

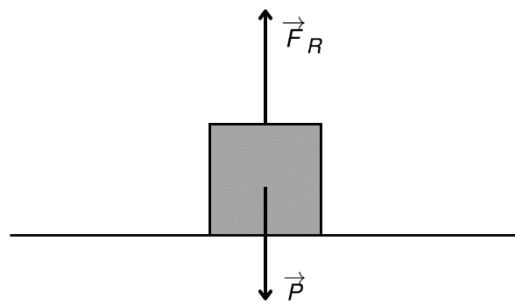
Um livro sobre a mesa, exerce sobre ela uma força chamada AÇÃO, que é resultado da força Peso ($\vec{P} = m \cdot \vec{g}$), em consequência a interação, a mesa

exerce sobre o livro uma força chamada REAÇÃO, contrária a força pelo com mesma direção. Portanto força de ação e reação, são pares de forças que se aplicam a corpos diferentes.

“Terceira Lei A toda ação que um corpo exerce sobre um segundo corpo, corresponde uma reação do segundo sobre o primeiro de mesma intensidade e sentido oposto.” (ANTUNES, 2018)

Na figura abaixo, podemos esquematizar a força de reação que a mesa exerce sobre um livro apoiado sobre ela.

Figura 4- Bloco sobre um plano horizontal

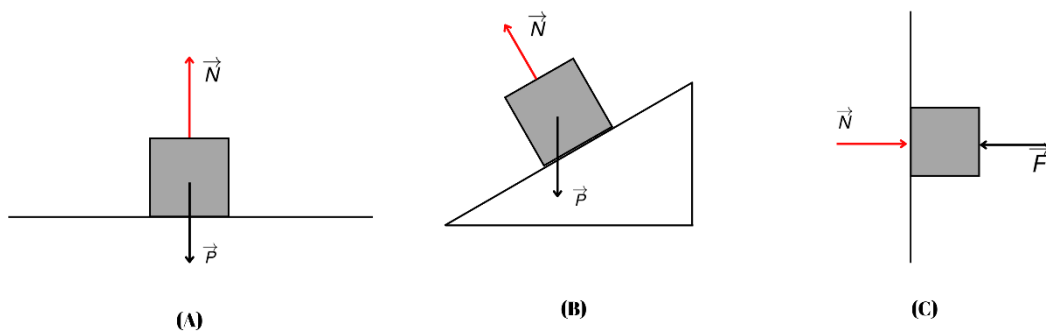


Fonte: Autor

Onde \vec{P} é o peso do livro e \vec{F}_R a força de reação da mesa sobre o livro.

A força normal, que representa a força perpendicular a superfície que o objeto se apoia, a reação da superfície sobre o objeto. O esquema da figura 5, mostra 3 casos de força normal em objetos sobre superfícies diferentes, o primeiro numa superfície horizontal (A), o segundo em um plano inclinado(B) e o terceiro empurrado sobre uma parede(C).

Figura 5 - Força Normal no plano horizontal, plano inclinado e na parede



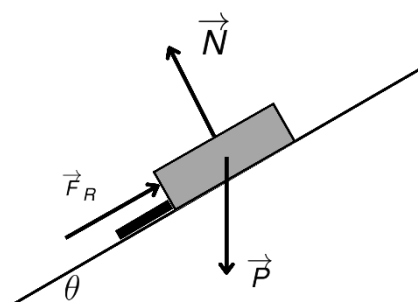
Fonte: Autor

Em (A), a força normal \vec{N} é perpendicular a superfície e contrária a força peso, já em (B) a força normal \vec{N} é igual a componente perpendicular da força peso e perpendicular a superfície. Em (C), a força normal \vec{N} permanece perpendicular a superfície e tem módulo direção iguais a força \vec{F} , aplicada sobre ele e empurrado sobre a parede, e sentidos opostos.

2.9 Força Normal num plano inclinado em equilíbrio

A figura abaixo mostra um bloco sobre um plano inclinado com inclinação θ em equilíbrio devido a um anteparo que o impede de se mover ao longo do plano inclinado e as forças que atuam sobre o bloco, sendo \vec{P} a força peso que age sobre o bloco, \vec{N} a força normal que a superfície do plano inclinado exerce sobre o bloco, \vec{F}_R a força de reação do anteparo que age sobre o bloco.

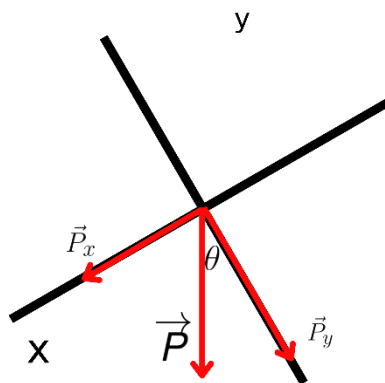
Figura 6 - Bloco em repouso sobre um plano inclinado



Fonte: Autor

Orientando o eixo das abcissas na mesma direção do plano inclinado com sentido positivo para baixo, a decomposição da força peso segundo o eixo das ordenadas e das abcissas.

Figura 7 - Orientação dos eitos no plano inclinado



Fonte: Autor

Podemos então escrever as equações

- Para o eixo das ordenadas

$$N = P_y$$

$$N = mg \cos \theta$$

- Para o eixo das abcissas

$$P_x = F_R$$

$$F_r = mg \cdot \text{sen}(\theta)$$

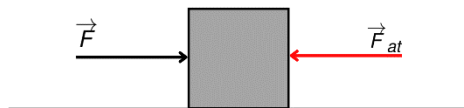
O bloco se encontra em repouso, pois nos dois eixos, as forças representam pares de ação e reação, a aceleração e velocidade é nula.

2.10 Força de Atrito

As forças de atrito surgem na interação entre corpos e são leis empíricas, não podendo ser generalizadas, mas que podem ser observadas em situações cotidianas.

Para iniciar nosso estudo, consideramos um bloco sobre um plano horizontal com superfície seca e não polida. Aplica-se então uma força \vec{F} na direção horizontal e no sentido como mostra a figura 8, à medida que aumentamos a intensidade gradativamente, e possível perceber que o bloco não se move até atingir um valor crítico, essa força surge contrária a força \vec{F} , chamamos essa força de atrito \vec{F}_{at} .

Figura 2 - Força de atrito



Fonte Autor

Ao ultrapassar o valor crítico, notamos que o bloco começa a deslizar com aceleração, e a força de atrito cai para um valor fixo e menor. A essa força máxima, que coloca o bloco na iminência de movimento chamamos de força de atrito estático máximo (\vec{F}_e), e a força contrária ao movimento quando o bloco desliza com aceleração, chamamos de força de atrito dinâmico ou cinético (\vec{F}_d).

As leis de atrito, podem ser escritas da seguinte forma:

- (I) A força de atrito estática máxima é diretamente proporcional a força normal entre as superfícies

$$|F_a| \leq \mu_e \cdot |N|$$

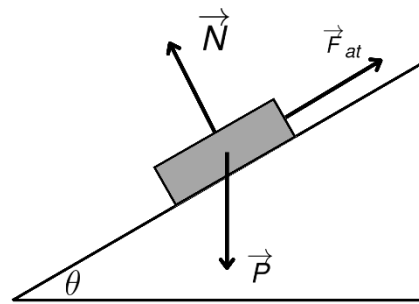
- (II) O coeficiente de proporcionalidade μ_e é chamado coeficiente de atrito estático e depende apenas da natureza das duas superfícies em contato
- (III) A força de atrito \vec{F}_a , independe da área de contato entre os dois corpos.

A (III) pode ser confirmada com a (I) pois a força de atrito depende apenas da força normal e o coeficiente de atrito entre as superfícies.

2.11 Coeficiente de atrito num plano inclinado

Considere o plano inclinado de inclinação θ na superfície da terra, onde a aceleração da gravidade é igual a \mathbf{g} e um bloco desliza sobre ele com atrito, podemos verificar as forças que atuam sobre ele na figura abaixo.

Figura 3 - Plano Inclinado deslizando sobre um plano



Fonte Autor

Não há movimento segundo a direção da força normal, portando

$$N - P_y = 0$$

$$N = P_y$$

$$N = mg \cos \theta$$

No eixo das abcissas, temos movimento no sentido da F_x , assim podemos determinar as equações para o movimento

$$F_x - F_a = m \cdot a$$

$$m \cdot g \cdot \text{sen} \theta - \mu_d \cdot N = m \cdot a$$

$$\text{Sendo, } N = mg \cos \theta$$

$$m \cdot g \cdot \text{sen} \theta - \mu_d \cdot mg \cos \theta = m \cdot a$$

$$\mu_d \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta = m \cdot g \cdot \text{sen} \theta - m \cdot a$$

$$\mu_d = \frac{\text{sen} \theta}{\cos \theta} - \frac{a}{g \cos \theta}$$

$$\mu_d = \text{tg} \theta - a \cdot \frac{\text{sec} \theta}{g}$$

Assim, podemos determinar o coeficiente de atrito dinâmico quando conhecemos o ângulo de inclinação e a aceleração do bloco que desliza sobre o plano inclinado pela equação

$$\mu_d = \text{tg} \theta - a \cdot \frac{\text{sec} \theta}{g}$$

Onde o coeficiente de atrito depende do ângulo de inclinação do plano inclinado e da aceleração do objeto sobre o plano inclinado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo iremos destacar a importância do tema abordado nesse trabalho baseando-se em teorias desenvolvidas por grandes educadores, bem como John Dewey e Vygotsky. Tendo como fundamentação teórica o aprender fazendo de Dewey, do socio-construtivismo de Vygotsky e da aprendizagem significativa de David Ausubel

3.1 Fundamentos teóricos de John Dewey

Importante para atender aos aspectos experimentais da aprendizagem, a teoria de Dewey fortifica a vivência e no que diz as práticas educativas colocando o aluno como centro da aprendizagem.

John Dewey (1859 – 1952) filósofo e pedagogo norte-americano, traz em suas teorias alusões ao pensamento filosófico pragmático, sendo ferrenho defensor de que o processo educativo não pode fazer do estudante um mero agente ouvinte, mas, sim, transformá-lo em um agente ativo do seu próprio aprendizado. Desta forma, o discente conseguiria, através de sua participação, mostrar que existem movimentos que acontecem em sala de aula que são, por muitas vezes, mais importantes do que somente a absorção completa dos conteúdos trabalhados.

Porém, é possível observar que, no cenário atual, o ensino de Física vem se mantendo fiel ao que se propõe a escola tradicional, apoiado em aulas centradas no professor, disciplinas isoladas e exposição de teorias e fórmulas, de modo que não há relação com a prática no dia-a-dia (Serafim, 2001), assim, o aluno não é capaz de compreender e reconhecer o conhecimento científico em situações cotidianas. Dewey (1976) em seu livro *“Experiência e Educação”*, expõe uma das características da escola tradicional que ainda hoje vem sendo empregada:

O principal propósito ou objetivo é preparar o jovem para as duas futuras responsabilidades e para o sucesso na vida, por meio da aquisição de corpos organizados de informações e de formas existentes de habilitação, que constituem o material de instrução. Desde que as matérias

de estudo, tanto quanto os padrões de conduta apropriada, não vêm do passado, a atitude dos alunos, de modo geral, deve ser de docilidade, receptividade e obediência. [...]. Os mestres são os agentes de comunicação do conhecimento e das habilidades e da imposição das normas de condutas. (Dewey J., 1976, p. 5)

É evidente, portanto, que o ensino tradicional é imposto de forma unilateral, de cima para baixo, com imposição de padrões e mantendo a distância entre o que se impõe (professor) e o que é exigido (aluno) e isso traz estranheza por parte dos jovens, sendo mero repetidor de regras impostas. Sendo assim, a escola tradicional torna-se formadora de discípulos e meros expositores de conhecimento sem relação nenhuma com sua prática no dia-a-dia. Conseqüentemente, o estudante terá em seu currículo uma infinidade de conteúdos impraticáveis, deixando-o longe de se tornar um pensador ou um cidadão crítico que consegue achar soluções para os problemas do cotidiano.

Ainda sobre o ensino tradicional, as escolas tradicionais:

Consideram o conhecimento como coisa completa em si mesma, independente de sua utilização, para tratarmos daquilo que ainda vai ser. E é esta omissão que as vicia e as faz adotar métodos educacionais condenados por uma adequada concepção do conhecimento. (DEWEY J. , 1979)

Posto isso, infere-se que o autor defende que a existência de um fluxo contínuo entre experiência, pensamento e vida, sendo todos uma única coisa, faz com que os discentes aprendam, abandonando o dualismo e a visão integrada de todo o processo cognitivo.

Além disso,

Deve haver continuidade entre o aprendizado escolar e o extraescolar. Deve existir livre interação entre os aprendizados. Isto só é possível quando existem numerosos pontos de contato entre os interesses sociais de um e de outro. Poder-se-ia conceber a escola como um lugar em que houvesse espírito de associação e de atividade compartilhada, sem quem entretanto, sua vida social representasse ou copiasse, quer o mundo existente além das paredes da escola, quer a vida de um mosteiro. (DEWEY J. , 1979)

Neste sentido e em consonância com Dewey (1979), Piaget, considera que o desenvolvimento cognitivo se dá pela interação entre o sujeito e o objeto de conhecimento e afirma também que a assimilação se baseia na definição biológica em que o sujeito adapta o novo estímulo a um conceito que lhe é familiar, baseando-se nos conhecimentos prévios, fazendo com que a relação entre experimentação e vida extraescolar seja relevante para o aprendizado. Nesta feita, é inegável que a experimentação no ambiente escolar deve ter um protagonismo fundamental para a associação do aprendizado da escola junto aos aspectos da vida. Até porque, sem essa associação teremos duas fases de aprendizagem que não se comunicam, causando uma compartimentação do conteúdo, e tornando o processo de assimilação não eficaz.

3.2 A experiência

Dewey (1979, p. 185) afirma que “a experiência, em suma, não é combinação do espírito com o mundo, do sujeito com o objeto, do método com a matéria, e sim uma única interação contínua de grande diversidade de energias”.

Pode-se notar que a ideia central no pensamento do filósofo está relacionada ao conceito de experimentação onde a experiência não pode ser dissociada do pensamento, ou estar de alguma forma acontecendo uma após a outra. Os dois devem estar ligados em processo contínuo de interação.

Então, a dissociação da experiência do processo de aprendizagem traz uma dificuldade de associação com as situações cotidianas, desta forma, o conhecimento só acontece quando se tem a percepção das conexões de um objeto e de sua aplicabilidade em uma dada situação (Dewey J. , 1979). Logo, para compreender a teoria é preciso experienciá-la, portanto a experimentação é a ferramenta para que o aluno estabeleça a indissociável relação entre teoria e prática para realização de experimentos em Física. (Freire, 1997).

Além disso, Dewey afirma que a ideia fundamental da filosofia da educação mais nova e que lhe dá unidade é a de haver relação íntima e necessária entre os processos de nossa experiência real e a educação (Dewey J, 1976), assim, podendo formar o estudante crítico e ativo na sociedade. Exemplificando esse pensamento no cenário brasileiro, têm-se a Lei nº

9394/96, art. 2º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) que demonstra que um dos objetivos da educação é “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.” (BRASIL, 1996).

Ainda sobre a importância da atividade experimental no ensino das ciências, postula-se que:

Mais importante que ensinar determinado conteúdo seria capacitar a mente para aprender esse conteúdo. E capacitar a mente significa estimular a apressar a formação das estruturas mentais para que elas existam quando necessário. Na visão de Piaget, a atividade experimental adequada desenvolvida é a prática pedagógica mais relevante (GASPAR, 2003, p. 18).

À vista disso, entende-se que o teórico é, também, contrário ao pensamento da escola tradicional e reafirma a importância de atividades que trabalhem as diversas capacidades e habilidades dos alunos, sendo o educador responsável pela aprendizagem de forma prazerosa e satisfatória dos indivíduos, e sendo a experiência uma relação entre fazer e provar, tendo duplo sentido.

Nesta feita é importante levar em conta a experiência formulada por Dewey da dinâmica proposta com movimento, conhecida como escola progressiva, em que as práticas educacionais têm finalidades sociais, aperfeiçoadas pelas experiências. Pois, segundo Dewey, (1979), o processo de experimentação escolar teria que preparar o aluno para uma experiência futura, ou seja, a aprendizagem precisa ser contínua.

3.3 O sócio-construtivismo e a interação social

O sócio-construtivismo, teoria desenvolvida por Vygotsky, está fortemente ligada a interação social, na linguagem, na cultura, na origem e na evolução do psiquismo humano, onde o conhecimento não é mera apresentação da realidade, são partes das experiências vividas pelo indivíduo. No sócio-construtivismo, o aprendiz desenvolve e otimiza seu aprendizado e a condução deste processo é permeada pela colaboração de outra pessoa com mais experiência, tornando o professor um agente passivo, tendo seu papel apenas de mediador e encorajador para o desenvolvimento do estudante.

Logo,

Através dos outros constituímos-nos. Em forma puramente lógica a essência do processo do desenvolvimento cultural consiste exatamente nisso. (...) A personalidade torna-se para si aquilo que ela é em si, através daquilo que ela antes manifesta como seu em si para os outros. Este é o processo de constituição da personalidade. Daí está claro, porque necessariamente tudo o que é interno nas funções superiores ter sido externo: isto é, ter sido para os outros, aquilo que agora é para si. Isto é o centro de todo o problema do interno e do externo. (VYGOTSKY, 2000, p. 24)

Para Vygotsky (1984), todas as funções mentais vêm de uma relação entre os seres humanos. Assim, no desenvolvimento cognitivo de uma criança, a primeira função mental acontece no nível coletivo, social (interpessoal), e a segunda em um nível individual (intrapessoal)

Neste contexto de interação social, a prática educativa deve ter como aspecto essencial permitir que os alunos formulem perguntas, criem hipóteses e modelos e testem sua validade, além de proporcionar investigação desafiadora que gerem possibilidades, tanto corroboradoras quanto contraditórias (Fosnot, 1998).

Ainda sobre o desenvolvimento humano para Vygotsky, esse está dividido em dois níveis, o nível de desenvolvimento Potencial, onde a criança não consegue realizar suas atividades sozinha, necessitando de uma pessoa experiente que seja o mediador, dando-lhe suporte para que, assim, consiga realizar a atividade por completo e o segundo nível, chamado de desenvolvimento real, onde a criança já consegue realizar suas atividades sozinhas, sem mediação. Vygotsky nomeou a distância entre o nível de desenvolvimento real e o potencial de Zona de Desenvolvimento Proximal e, sobre isso, postula

A Zona de desenvolvimento Proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão, presentemente, em estado embriatário. (VYGOTSKY, 1984)

O nível de desenvolvimento real deverá ter uma crescente expansão, pois está ligada, completamente, àquilo que a criança já consegue fazer sozinha, sendo o nível mais importante. Já no desenvolvimento potencial, o pleno

desenvolvimento cognitivo deverá ser incrementado ao real, fazendo-lhe, entender que a cada processo, sendo mediado pelo professor, fará a criança se tornar capaz de realizar suas atividades sozinhos.

Segundo Wertsch (1988), a Zona de Desenvolvimento Proximal é a região dinâmica que permite a transição do funcionamento interpsicológico para o funcionamento intrapsicológico pois, segundo Vygotsky, todas as funções psicológicas superiores resultam da reconstrução interna de uma atividade social partilhada. Neste aspecto, o professor deverá ter atenção para cada processo do desenvolvimento do aluno para que possa refletir sobre suas conclusões e proposições a cada processo, fazendo suas respectivas correções e entregando-lhe o feedback necessário. Assim, o erro, quando superado pelo aluno, ensina muito mais do que aulas expositivas quando aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio (Carvalho *et al* 2013)

Para complementar os estudos, é importante trazer as reflexões que Vygotsky, no final de sua vida, delimitou, utilizando os conceitos de Zona de Desenvolvimento Proximal, de 3 formas diferentes, onde Valsiner (1991), verifica 3 direções: *Zona de Desenvolvimento Proximal* como escore, delimitando a distância entre a atuação independente da criança e a atuação junto ao mediador (assistida); *Zona de Desenvolvimento Proximal* como diferença no desenvolvimento da criança, quando está no contexto individual e no contexto social, sendo essa direção mais geral, não como escore, e mais como diferenças gerais e *Zona de desenvolvimento Proximal*, criada a partir de um jogo e assumindo papel de processo de ensino-aprendizagem na interdependência com o desenvolvimento humano, fazendo a criança viver em situações (papéis sociais) muito além do que se encontram e duas possibilidades.

Nessas 3 direções, surge um fator comum, destacado por Vygotsky, chamado imitação, onde a criança age de forma superior às suas condições reais, remetendo a noção de Zona de Desenvolvimento Proximal.

Portanto, entende-se, mais uma vez, que o aluno sendo um agente ativo de sua aprendizagem, buscando soluções para uma situação que lhe foram propostas e buscando, de forma assistida, solução e resposta para essa situação, desenvolve o seu nível de desenvolvimento potencial incrementando ao se desenvolvimento real, sendo cada vez mais autônomo e responsável por sua própria aprendizagem.

3.4 Aprendizagem Significativa

David Ausubel e seus estudos acerca da aprendizagem cognitiva propõe que a definição de aprendizagem dos processos cognitivos, segundo o ponto de vista cognitivista, significa a organização do material na estrutura cognitiva (Moreira, 2021). Portanto, há uma estrutura na qual a organização e integração se processam e são através desses processos que se adquire o conhecimento.

Dentro da proposta das ideias de Ausubel, a mais importante e central está na aprendizagem significativa, que:

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define *como conceito de subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor*, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. (MOREIRA, 2021, p. 153)

Assim, a aprendizagem ocorre quando uma nova informação se apoia a uma informação já preexistente na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, a nova informação se ancora em um conceito já fixado pelo aluno.

Entretanto, Ausubel, em seu trabalho também define a aprendizagem mecânica, que é a aprendizagem de novas informações com pouca interação e com conceitos preexistentes em sua estrutura cognitiva, sendo então esse o surgimento de subsunçor, para que, de forma prefixada, possa servir como ancoradouro dos novos conceitos.

Neste aspecto a ligação constante com aspectos já armazenados na estrutura cognitiva dos alunos e a ocorrência da aprendizagem significativa se dá, segundo Moreira (2021), quando o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal. Assim, um material com essa característica é dito *potencialmente significativo*. Desta forma, o aluno deverá ter, em sua estrutura cognitiva, os subsunçores adequados.

Outra condição importante é que o aprendiz precisa se sentir disponível e com disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva (Moreira, 2021).

Consonante a isso, segundo Freire (1997), a autonomia é fator fundamental no processo de aprendizagem, sendo a construção da autonomia centrada em experiências estimuladoras, possibilitando ao aluno assumir a responsabilidade por sua própria aprendizagem. Então, para que o aluno se sinta disposto a relacionar os conteúdos novos com aqueles preexistentes, as situações propostas deverão ser desafiadoras e estimulantes para que ele tenha total autonomia para construir sua própria aprendizagem, e tenha, em si, conhecimentos claros e precisos dos conceitos. Assim, para que possa ser evidenciado a aprendizagem significativa, deverá ser, então, proposto uma atividade diferente do convencional de forma que não seja possível que o discente gere respostas memorizadas e mecânicas.

4 METODOLOGIAS

O uso de metodologias no ensino de física é forte aliado a facilitação do processo de aprendizagem, tendo enfoque na transformação do ensino tradicional em métodos mais atraentes para os estudantes.

4.1 Metodologias e Recursos

Dentro do crescente avanço tecnológico e das metodologias de ensino, ainda é possível encontrar, com muita intensidade, aulas ligadas às ciências da natureza, como física, química e biologia, de forma unidirecional, tradicional e centradas no professor. Segundo (Bacich, 2018), as metodologias predominantes no ensino são as dedutivas. O professor transmite primeiro a teoria e depois ao aluno deve aplicar a situações mais específicas. Neste caso, o aluno se torna apenas sujeito passivo no processo de aprendizagem.

Moran (2018), também afirma que a aprendizagem ativa é significativa quando avançamos em espiral, de níveis mais simples para mais complexos do conhecimento e competências em todas as dimensões. Logo, as metodologias devem levar em consideração os conteúdos pré-fixados que sirvam de ancoradouro para o próximo conteúdo.

Neste sentido, para que a aprendizagem seja efetivamente ativa, deve-se prezar pelo diferente, afinal “a curiosidade é o que é diferente e se destaca no entorno, desperta as emoções. E com a emoção, se abrem as janelas da atenção, foco necessário para a construção do conhecimento” (Mora, 2013, p. 66)

Sobre esse aspecto, Moran postula

A aprendizagem ativa aumenta a nossa flexibilidade cognitiva, o que é a capacidade de alternar e realizar diferentes tarefas, operações mentais de objetivos, e de adaptar-nos a situações inesperadas, superando modelos mentais rígidos e automatismos pouco eficientes (Bacich et al, 2018)

Ou seja, na consecução dos objetivos, sejam eles mais gerais ou mais específicos, o professor, mediante suas limitações escolares, deverá fazer uso de procedimentos metodológicos. Adicionalmente,

Os procedimentos de ensino são conjuntos de atividades unificadas, relacionadas com meios de ajuda para a obtenção dos resultados pretendidos. Em realidade, representam modos de organizar as experiências de aprendizagem, durante os períodos de aula (Enricone, 1975)

O professor, então, deve levar em conta a organização dos recursos didáticos, os recursos ou meios para que o ensino refira-se aos vários tipos de componentes do ambiente de aprendizagem (Gagne, 1971).

Assim, diante do crescente desinteresse dos discentes, apontado pelos estudos feitos pela a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2015), junto com o Programme International Student Assessment (PISA), foi visto como solução a aplicação das seguintes competências para o século XXI: pensamento crítico; criatividade; investigação científica; autodireção; iniciativa e persistência; utilização de informação; pensamento sistêmico; comunicação e reflexão.

Nesse sentido, as aulas devem ser inovadoras e os recursos utilizados pelos tutores deverão ter o objetivo de despertar o interesse e estimular o caráter investigativo do aluno. Dessa forma, duas coisas devem estar fortemente ligadas:

- 1º) Metodologias Inovadoras;
- 2º) Recursos Didáticos.

Sendo assim, o presente trabalho irá se basear no uso de metodologias ativas, sendo ela, especificamente, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb) (ou como é conhecido do inglês *problem-based learning*, PBL) e utilizará como recurso didático o *software Tracker* para vídeo análise.

4.2 Metodologias Ativas

Segundo (Bacich et al., 2018), as metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida.

Sendo ao aluno protagonista de sua própria aprendizagem, postula-se:

As metodologias ativas são entendidas como práticas pedagógicas alternativas ao ensino tradicional. Em vez do ensino baseado por transmissão de informação, da instrução bancária, como criticou Paulo Freire (1970), na metodologia ativa, o aluno assume uma postura mais participativa, na qual ele resolve problemas, desenvolve projetos e, com isso, cria oportunidades para a construção de conhecimento. (VALENTE, 2018)

Nesta feita, as metodologias ativas constituem uma forte ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem (o foco da aprendizagem é no aluno), fazendo um contraponto aos métodos tradicionais de ensino.

4.3 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb)

A ABProb tem sua origem na década de 1960 na McMasters University, no Canadá, e na Maastricht University, na Holanda, onde seu foco principal de aplicação eram as escolas de medicina. Hoje, ela está largamente aplicada em diversas áreas, como arquitetura, engenharia e desenvolvimento de sistemas, e o foco principal está diretamente ligado à pesquisa de diversas causas possíveis para um problema específico, baseando-se nos princípios da aprendizagem ativa e na experimentação.

Segundo Moran e Bacich, (2018),

A aprendizagem baseada em problema, de forma mais ampla propõe uma matriz não disciplinar ou transdisciplinar, organizada por temas, competências e problemas diferentes, em níveis de complexidade crescentes, que os alunos deverão compreender e equacionar com atividades individuais e em grupo. (Moran; Bacich, 2018)

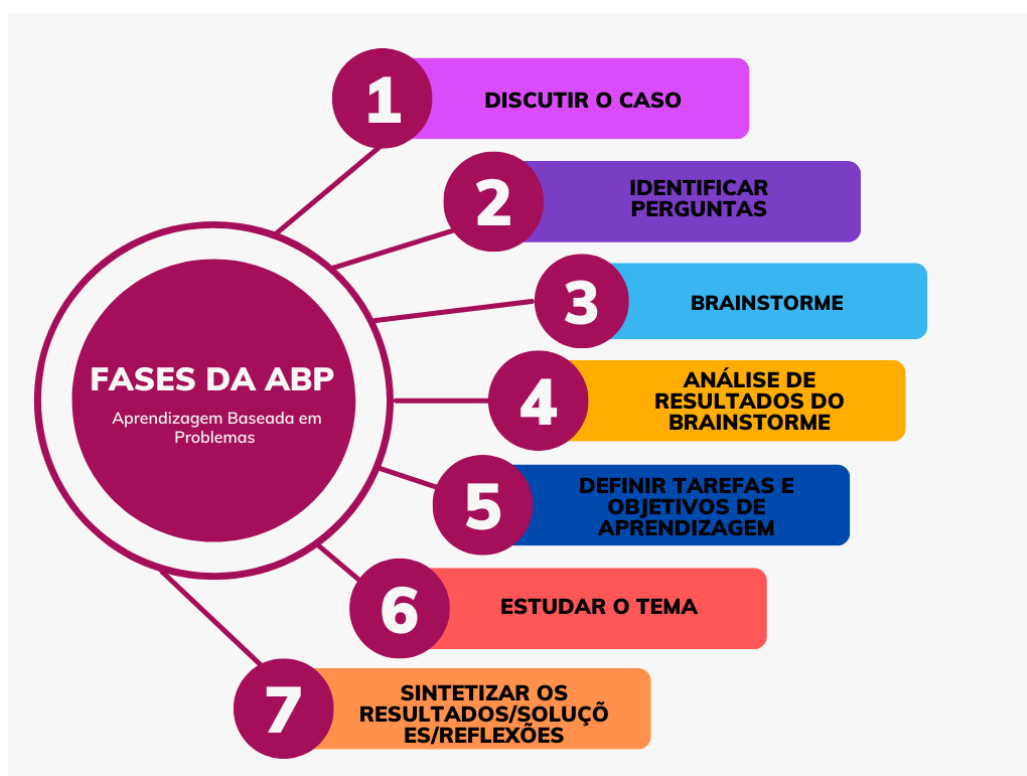
Portanto, são necessários os saberes anteriores para que o aluno compreenda a situação-problema, sabendo utilizar os recursos propostos. Dessa forma Delizoicov (2008), indica que a situação problema gera no aluno uma necessidade de apropriação de conhecimento que ele ainda não tem e que ainda não foi apresentado pelo professor, mas que, com conhecimentos anteriores, os professores despertam no aluno o pensamento crítico, tornando o aluno agente ativo de sua própria aprendizagem.

Ainda sobre o processo de aprendizado, Aquilante (2011), afirma que o disparo principal do processo de ensino-aprendizagem é o problema ou

situação-problema em que os alunos, em grupo, pensam coletivamente para encontrar uma solução. Desta forma, a ABProb, enfatiza o caráter coletivo e dinâmico da busca por solução de uma situação-problema, tendo o professor, neste processo, a função de mediar, deixando o aluno ser protagonista do seu próprio desenvolvimento cognitivo.

Para efetuar esses métodos, A ABProb, como sugere a Universidade de Maastricht, deverá seguir 7 etapas, como mostra a figura 09.

Figura 4 - Etapas da ABProb



Fonte: adaptada de MAASTRICHT UNIVERSITY, Problem Basead Learning (PBL). Disponível em < <https://www.maastrichtuniversity.nl/pbl>>. Acesso em 25 set. 2022.

Sobre isso, define-se a seguinte sequência:

- Na primeira etapa, deverá ser apresentado um caso hipotético, uma situação-problema para um caso especificado pelo professor.
- Na segunda etapa, os grupos devem identificar as perguntas, ou seja, as questões acerca da situação-problema que precisam ser respondidas, para que se tenha uma compreensão do problema analisado.

- Na terceira etapa, os grupos, em meio a uma “tempestade de pensamentos”, registram o que se sabe sobre o problema encontrado em fontes diversas, como livros, sites e vídeos.
- Na quarta etapa, será feita uma análise dos resultados obtidos na terceira etapa, e daí surgem divergências entre os resultados obtidos e os pensamentos iniciais acerca do problema.
- Na quinta etapa, formulam-se e definem-se tarefas e objetivos de aprendizagem, nesse processo.
- Na sexta etapa, o professor não dá a solução, mas sugere formas de encontrar soluções, propõe fontes e formas de encontrar a solução, mas de forma que leve o aluno a buscar em fontes mais especializadas e mais aprofundadas do assunto de forma coletiva, numa discussão em grupo e em forma de debate.
- Na sétima e última etapa, os alunos apresentam soluções, conclusões e suas reflexões acerca da situação-problema. É a etapa mais importante, pois as reflexões não deverão entregar uma resposta correta, pois o objetivo da ABProb é tornar o aluno capaz de ser construtor de sua própria aprendizagem, saber ser crítico e reflexivo.

É importante ressaltar que o professor, nesse ambiente, terá apenas o papel de instigar o aluno, após sua conclusão, a procurar e investigar de outra forma que lhe garanta alcançar os objetivos de aprendizagem.

4.4 Recursos didáticos

Como complementação do uso de metodologias de Ensino em Física, o *software Tracker* (Brown, 2022), vem se tornando, em grande escala, uma ferramenta poderosa. Com intuito de transformar tarefas longas que levam tempo para chegarem a um resultado, esse sistema operacional se mostra eficiente e rápido na análise de vídeos de movimentos com velocidades pequenas ou com aceleração constante. Para Martins (2013), o *software Tracker* tem se mostrado muito versátil e oferece boas ferramentas para o trabalho com vídeos em sala de aula.

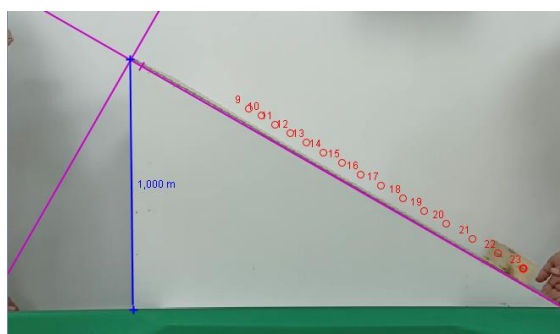
O *software Tracker* (Brown, 2022) incorpora o usuário no processo de ensino aprendizagem e o transforma em um agente ativo e alinhado às

atividades experimentais para a construção dos conhecimentos físicos (ALVES FILHO, 2000). A implementação e uso do *Tracker*, por se tratar de um programa de fácil manuseio e utilizando-se de ferramentas facilmente encontradas no uso comum diário, como smartphones, se torna viável a usuários inexperientes (BEZERRA, 2012)

O uso de software *Tracker* (BROWN, 2022), como recurso didático e tecnológico para análise de experimentos em vídeo é eficiente quando se estuda movimentos. O produto ao qual esse trabalho desenvolve faz uso dessa ferramenta de análise de vídeo para analisar vídeos com objetos que deslizam sobre um plano inclinado com atrito. A análise, por meio do *Tracker* é feita quadro a quadro, e uma posição é selecionada por meio de uma ferramenta onde é possível inserir uma posição em relação a um referencial escolhido para o objeto a ser estudado em cada quadro, assim, à medida que os quadros vão avançando, é possível analisar novamente os ângulos e capturar uma nova posição, formando um conjunto de pontos (posições) em relação ao tempo.

A figura 10 mostra um conjunto de pontos capturados para cada posição do objeto por quadro.

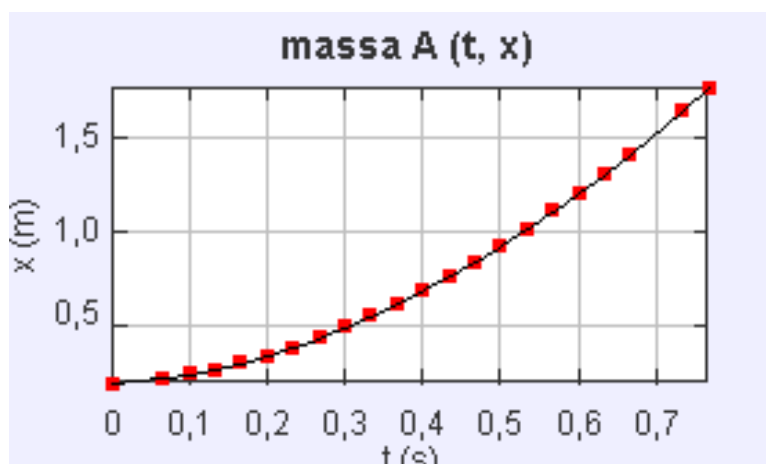
Figura 10 - Captura das posições no software Tracker



Fonte: Autor

A figura 11, mostra o gráfico, gerado automaticamente, das posições e tempo do objeto estudado pelo software *Tracker*

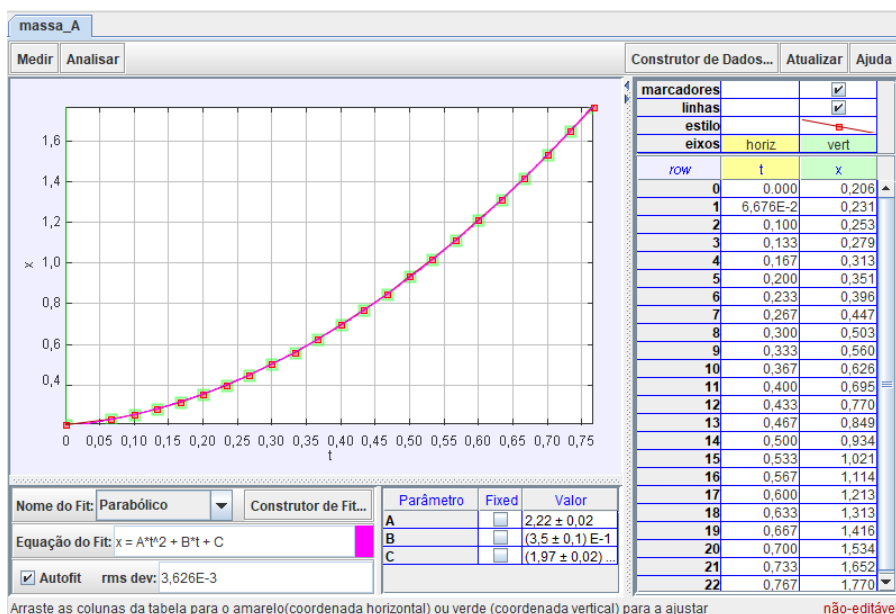
Figura 5 - Gráfico gerado pelo software Tracker para os pontos capturados



Fonte: Autor

Feita então a coleta de dados, o *software Tracker* (BROWN, 2022) possibilita a análise dos resultados através de uma ferramenta própria. Ao clicar no gráfico com o botão direito do mouse, podemos avançar para a análise de curva gerada pela posição “x” tempo, e, fazendo o ajuste da curva para uma parábola, podemos notar que o gráfico gerado na análise se ajusta a uma parábola. Podemos então concluir que o objeto se move segundo o Movimento Uniformemente Variado, como mostra a figura 12.

Figura 6 - Análise de Vídeos



Fonte: Autor

O gráfico da posição em função do tempo de um corpo que se move em Movimento Uniformemente Variado representa uma parábola.

Em vista disso, percebe-se que o *software Tracker* (BROWN, 2022) torna-se uma ferramenta prática, rápida e eficiente no que se trata de análise de movimentos envolvendo materiais de fácil utilização e baixo custo, economizando tempo e reduzindo custos.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Em um mundo em crescente evolução, se faz necessário que o processo educacional acompanhe também esse ritmo para que os alunos se transformem em agentes ativos neste sistema. Segundo Córdoba (2019) a aprendizagem baseada em problemas transforma o aluno, antes um mero ser passivo, onde era depositado sobre ele uma montanha de conteúdo, muitas vezes improfícuos, em uma agente responsável por sua própria aquisição de conhecimento através da resolução de problemas que estão relacionados com o seu dia-a-dia. Isso sem contar que sua autonomia e capacidade de trabalhar em equipe se tornam elevadas. Este é um dos mais importantes pontos da Aprendizagem Baseada em Problema (ABProb) ou Problem-based learning (PBL), desenvolver no aluno a capacidade de adquirir e sustentar a sua linha de conhecimento adquirida e poder verificar a sua aplicabilidade prática de um problema real. Sendo assim, fica exposto que tal movimento educacional, adotado já em vários lugares mundo a fora, trazem um grande benefício ao campo educacional.

Pode-se dizer que a aprendizagem baseada em problemas tem como configuração central a autonomia do aluno tornando-o principal interessado por tudo o que se passa em sala de aula. Neste contexto, fica claro que essa motivação que emerge de si é autoconfiante e responsável pela abertura para o trabalho em equipe dentro deste ambiente. O mais preocupante, contudo, é constatar que tamanhos benefícios ainda são poucos pelo desenvolvimento dessa metodologia no ensino de qualquer disciplina, não só a de física. Não é exagero afirmar que o processo de aprender com a aplicabilidade real torna o aluno mais interessado que o normal em todo esse processo (RIBEIRO, 2008).

Conforme explicado acima, é interessante notar nas palavras de Ribeiro, que constata o aumento do nível de interesse dos alunos que são submetidos a metodologia ABProb, dispor dos recursos necessários para a aquisição de conhecimento neste mundo atual. Com isso, o ensino voltado para as problemáticas cotidianas, se contrapondo ao ensino antes só teórico, e restrito em sala de aula, agora é expressado pela capacidade de liberdade na busca e construção do conhecimento individual e coletivamente.

Outro fator de tremenda importância, segundo Marcílio (2019) é a presença dos professora metodologia PBL. Este agora passa a ser tutor, mas

tem diante de si a responsabilidade de facilitar a a forma que o aluno buscará diante dos seus meios a forma para encontrar suas respostas ao problema especificado. Antes ele atuava como o detentor da resposta válida, agora ele instiga a argumentação e a busca pelas próprias respostas dos alunos sendo balizado pela ementa que foi determinada.

Pode-se dizer que, diante do exposto até agora, a metodologia ABProb alcança largos resultados em cima da metodologia tradicional, mesmo os exemplos dessa aplicabilidade serem ainda localizados a poucas instituições de ensino. Neste contexto, fica claro que é necessária uma expansão da metodologia ABProb diante da metodologia tradicional, e isto é algo de fator sensível e que depende de uma modificação política no campo do ensino, algo ainda longe de se imaginar. O mais preocupante, contudo, é constatar que se nada for feito continuaremos a sofrer com o subdesenvolvimento educacional dando voltas sem fim no campo do ensino.

Ora, conforme explicado acima, em tese, a aprendizagem baseada em problemas, que faz parte de um grupo maior chamado de metodologias ativas, buscam transpor a monotonia do ensino-aprendizagem tradicional vivido pela geração passada e projetada para a atual. Caso contrário, por exemplo, não haveria tamanha divergência e esforço para se implantar o novo, adaptado a novas realidades. Não se trata de, de eliminar essa forma de ensino totalmente e de uma hora para a outra. Toda cadeia de ensino que foi conquistado ao longo desses anos merece atenção e respeito, mas devemos, sim, promover avanços na forma de ensinar que acompanhem a mente atual do alunado.

Pensando nesse sentido, aborda Almeida (2011) que os estudantes contemporâneos tem um novo sentido de escola ou da forma de estudar e que para isso o imenso universo de informações pode e deve ser usado em benefício do estudante. Está ânsia de fazer parte de algo maior, de usar o que sabe para resolver situações problemáticas são encontradas na ABProb.

O autor deixa claro que a ABProb está diretamente ligada com a autonomia do aluno e para isso é necessário que ele parta de algum lugar na busca por uma solução do problema. Esse local de partida é encontrado no conhecimento prévio do aluno, em tudo aquilo que ele adquiriu até ali. O professor, agora transformado em tutor, instiga o aluno para que ele adentre

esse mar de informação disponível por todos os cantos, principalmente no meio virtual, e junto com seus pares discuta a melhor solução para a problemática.

Fica evidente, diante desse quadro a importância que é a implantação de uma metodologia ativa, no nosso caso a ABProb aplicada ao ensino de física, para desenvolvermos competências únicas no alunado: autonomia, liderança, senso crítico, autodidatismo e trabalho em equipe. É o aluno motivado para operar no mundo e para o mundo, diferente do modelo unidirecional atual.

6 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido nesse trabalho tem objetivo de torna o aluno responsável por sua própria aprendizagem colocando-o numa situação-problema, que neste produto tem carácter “contraintuitivo”, quando um fenómeno físico o faz supor e concluir acerca dos resultados por observação direta, indicando completamente contra o conceito físico do fenómeno.

O tema de física utilizado nesse produto foi pensado para suprir uma dúvida que era recorrente em aulas de física ao longo desses anos. *A relação entre área de contato de um objeto sobre uma superfície e a força de atrito quando sobre ela o corpo se move.* Levando em conta a intuição e observação, acredita-se que quanto maior for área de contato de um objeto numa superfície, maior será o atrito sobre o objeto. Portanto, esse produto educacional irá propor uma atividade que, estimulando o carácter investigativo do aluno, posso buscar soluções para esse problema utilizando os 7 passos de ABProb e software Tracker para análise de vídeo.

Os conteúdos obrigatórios neste trabalho se relacionam com:

- Movimento Uniformemente Variado
- Gráfico da posição x tempo do movimento uniformemente variado
- Relações métricas no triângulo retângulo
- Leis de Newton
- Noção de força peso e força normal
- Força de Atrito
- Coeficiente de atrito

6.1 Preparação do Material

Nesta secção o foco será o material preparado pelo professor para que seja utilizado na aplicação do produto educacional. Os materiais serão listados, as justificativas e dicas para uso desses materiais e os passos para que a metodologia possa ser aplicada.

Lista de Materiais:

- 1 – Smartphone com câmera de vídeo;
- 2 – Plano inclinado feito de material escorregadio;
- 3 – 2 a 4 objetos;
- 4 – Fundo em contraste com o objeto filmado;
- 5 – Computador ou notebook com software Tracker instalado
- 6 – Roteiro de experimento

6.2 Parte 1 – Elaboração feita pelo Professor

O professor deverá gravar 4 vídeos para a atividade, fazendo uso de 2 objetos diferentes. No plano inclinado o professor irá fazer os objetos, individualmente, deslizar e gravar em intervalos de no máximo 2 segundos.

Para cada objeto serão feitas duas gravações para o mesmo objeto, nas seguintes situações:

- ETAPA A - O objeto deslizando com o máximo de área de contato com a superfície
- ETAPA B - O objeto deslizando com o mínimo de área de contato com a superfície

Na figura 13 é mostrado dois exemplos para a gravação na ETAPA (A)

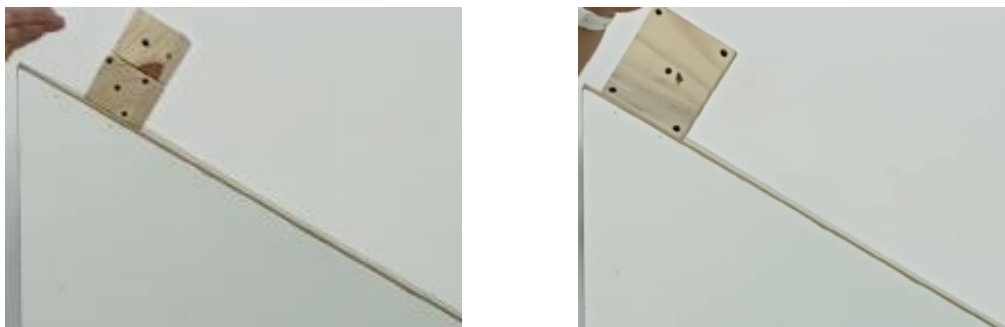
Figura 7 - Objetos utilizados na ETAPA (A)



Fonte: Autor

Na figura 14 é mostrado dois exemplos para a gravação na situação (B)

Figura 8 - Objetos utilizados na ETAPA (B)



Fonte: Autor

Os exemplos mostrados nas figuras 13 e 14 foram retiradas de 4 vídeos gravados para serem utilizados no produto educacional.

6.3 Justificativa e dicas na escolha dos materiais

6.4 A câmera de vídeo

A câmera de vídeo do smartphone, por ser uma forma mais prática, poderá ser utilizada, porém há a possibilidade de utilizar uma câmera fotográfica com opção de vídeo. Quanto a resolução poderá ser a máxima suportada pelo aparelho, bem como a taxa de gravação, sendo melhor quanto maior for a taxa de gravação, porém um intervalo entre 26 e 30 quadros por segundo é suficiente para garantir uma imagem nítida do objeto nos quadros finais da gravação, apensar de seguir um caminho breve, o corpo adquire uma velocidade relativamente grande para ser filmado.

6.5 O plano inclinado

O plano inclinado deverá ser cuidadosamente escolhido pelo professor, pois ao ser largado no ponto mais alto do plano inclinado, o objeto parte com velocidade inicial igual a zero e em poucos segundos adquire uma velocidade relativamente grande, comparado a velocidade final adquirida e a taxa de gravação da câmera, poderá não ser nítido as capturas de imagens no fim da gravação.

Deve-se ter cuidado quanto a inclinação da rampa, não sendo pequena o bastante para que não inicie o movimento de um objeto sobre ele e nem grande o suficiente para que o bloco deslize com uma aceleração relativamente alta, podendo ser difícil analisar os vídeos nesse caso considerando que o bloco atinge velocidades altas em curtos intervalos de tempo.

O plano deverá ter o mesmo polimento para o mesmo objeto quando for gravado nas duas etapas (A) e (B), para garantir que os resultados estejam dentro do esperado.

6.6 Objetos

Os objetos escolhidos são de livre escolha do professor, podem deve ser ficar atento a algumas situações como, a cor do objeto e fundo utilizado. Neste trabalho, foram feitas marcas escuras que contrastavam com o fundo branco, dessa forma as capturas das posições do objeto ao longo das filmagens foram mais precisas.

Os objetos deverão ter mesma estrutura na parte que irá ser analisada na situação (A) e na situação (B), isso é importante para garantir que a atividade seja precisa. Desta forma, o mais perto do que esperamos demonstrar da relação entre área de contato e força de atrito ficam evidentes,

6.7 Fundo em contraste

O fundo deverá contrastar com o objeto, de forma que análise do objeto enquanto desliza seja mais preciso e os pontos analisados fiquem evidentes, assim evitando conflitos com as cores do fundo e facilitando, assim a captura das posições nos pontos utilizados.

6.8 Parte 2 - Aplicação da ABProb

Nesta parte ser descrito como será aplicada a atividade levando em conta os passos da ABProb, o número de aulas que serão utilizadas e onde o professor irá utilizar todo o material preparado na primeira parte do produto. Então o professor irá sugerir que os alunos se dividam em grupos entre 5 e 7 alunos para que cada grupo possa investigar uma situação, ficando então, a

critério do professor escolher os grupos ou deixar que os alunos formem seus grupos por mais afinidade, sendo importante para desenvolver o caráter colaborativo.

Para dar início a aplicação da ABProb, os passos abaixo listados seguem como indicado pela *Maastricht University*.

6.9 Passo 1 – Discutir o Tema:

Diante de toda a turma, o professor deverá reproduzir os vídeos, onde assim, poderá ser "discutido o caso", instigando o aluno com perguntas acerca da relação entre a força de atrito e área de contato.

6.10 Passo 2 – Identificar Perguntas:

Esse passo poderá ser aplicado junto com o primeiro. O professor deverá então, fazer perguntas quanto a relação da área de contato e a força de atrito.

6.11 Passo 3 -Brainstorming:

Pesquisar e registrar o que se sabe sobre o problema

6.12 Passo 4 – Análise de resultados no Brainstorming:

Comparar as informações encontradas no passo anterior com o que foi inicialmente pensado. Na literatura sobre física há algumas descrições detalhadas a respeito das leis de atrito, o livro didático pode ser uma fonte que colabore com a pesquisa.

6.13 Passo 5 – Definir tarefas e objetivos de aprendizagem:

O professor deverá ser preparar com antecedência para que nesse passo a análise de vídeo possa ser feita. Então, neste momento ao procurar uma forma de investigar essa situação, o professor como tutor, deve então sugerir uma análise dos vídeos utilizando-se como recurso didático o software

Tracker e mostrando que o mesmo daria como resultados informações importantes acerca do problema.

6.14 Passo 6 – Estudar o tema.

De posse dos dados, fazer o estudo e responder as perguntas contidas no formulário B proposta pelo professor para direcionar o aluno em busca de uma solução para o problema, por exemplo, qual a aceleração do corpo que desliza sobre o bloco? Isso é importante para determinar o coeficiente de atrito.

6.15 Passo 7 - Sintetizar os resultados/soluções/reflexões:

Responder o formulário C, elaborado com perguntas abertas e fechadas acerca da situação problema, garantindo que o aluno não fuja do tema central.

6.16 Observações acerca da aplicação da ABProb

A ABProb tem como propósito fazer o aluno construir e desenvolver seu caráter crítico por meio de investigação, e ser motivador para que diante da situação-problema o aluno busque por soluções.

É importante frisar que o resultado final não é a resposta correta para a pergunta: “Quanto maior for a área de contato maior será o atrito?”, e sim a conclusão da investigação feita pelo o aluno, cabe ao professor, posteriormente fazer sua avaliação individual e correções acerca do conteúdo de física.

O professor como mediador da atividade, deverá acompanhar cada passo da aplicação da ABProb, não deixando que haja fuga do tema e deixando claro que a investigação deverá está centrada na busca de resposta para a pergunta, usando como ferramenta a análise de vídeo feita pelo software Tracker.

A atividade poderá ser aplicada para investigar outros temas utilizando outros recursos didáticos, cabe ao professor fazer as adaptações para que sigam os passos propostos por esse produto educacional.

6.17 Aplicação do Produto Educacional

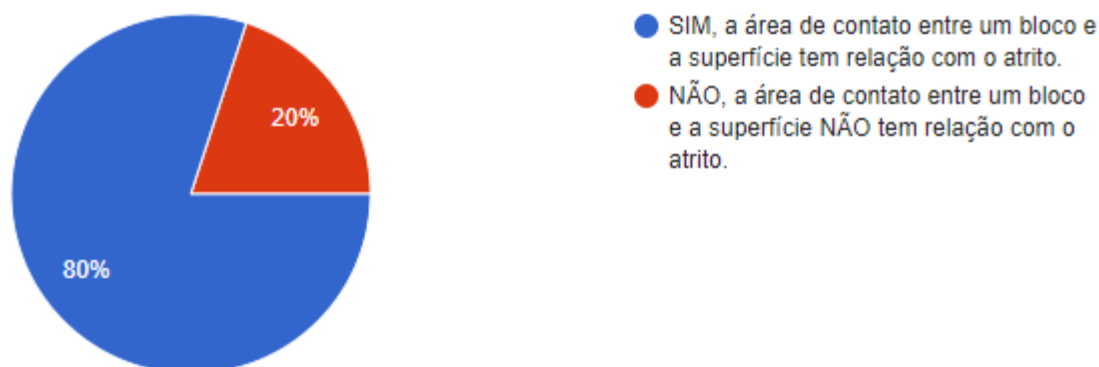
O produto educacional foi aplicado na Escola Técnica Ariano Vilar Suassuna, localizado na cidade de Garanhuns no agreste de Pernambuco. A escola teve sua fundação no ano de 2019, tendo ótimo espaço pra trabalhos fora da sala de aula, laboratórios de ensino, salas climatizadas e contando com ótimos profissionais, e escola não contava com uma inesperada interrupção de suas atividades presenciais devido a propagação do Covid-19 e tendo que dar continuidade as suas atividades de forma remota, que não foi diferente para diversas escolas no mundo, dificultando os trabalhos e produções no ambiente escolar. Porém, após o retorno das atividades presenciais, a escola vem desenvolvendo trabalhos com alunos bolsistas em diversos programas.

A escolha da aplicação do produto educacional nesta escola vem de fatores que colaboravam para o uso dos recursos propostos nesse trabalho, contando com um espaço que continham computadores para que pudessem ser feita as análises de vídeos e laboratório de física. Apensar de encontrar algumas dificuldades, as adaptações foram feitas ao longo da produção do produto para que se adequasse a situação, mostrando que a metodologias aplicada se torna maleável e reutilizável para os mais diversos espaços e situações nos mais variados ambientes de ensino.

Tendo todo o material já preparado, foi então reunido os grupos em uma sala e no meio a uma aula prática com resolução de exercícios, alguns vídeos, elaborado pelo próprio professor, foi então mostrado para os grupos poderem analisar, relacionados ao conteúdo de dinâmica, exclusivamente sobre a relação entre a força de atrito e área de contato, dando início ao primeiro passo da aplicação da aprendizagem baseada em problemas. Onde se discutia a questão proposta de forma intuitiva.

A figura 15, mostra o percentual de estudantes que acreditam na relação entre a força de atrito e área de contato, levando em conta seu caráter contraintuitivo.

Figura 9 - Resposta inicial quanto a pergunta “A força de atrito para um bloco que se move numa superfície sujeito a uma força constante tem relação com a sua área de contato?”



Fonte: Autor

Diante das afirmações feitas pelos alunos em cada grupo, dava-se início ao passo 2, onde perguntas acerca da que poderia afirmar as respostas dadas no passo anterior eram elaboradas pelos alunos para que pudessem ter um base ou motivo para uma investigação.

Em outro momento, os alunos faziam então uma pesquisa acerca das perguntas que surgiram no passo 2, afirmando ou tentando negar o que foi respondido considerando apenas o caráter intuitivo das observações feitas dos vídeos, dando então início ao passo 3. Nesse momento, as pesquisas foram feitas de forma livre, artigos, vídeos, revistas e algumas informações mais detalhadas foram encontradas em livros didáticos ao qual os alunos não cogitaram em procurar de imediato, considerando que o trabalho feito fora do contexto das aulas tradicionais não seriam facilmente encontrados por se tratar de conteúdos extraescolar.

No passo 4, é feita uma atividade experimental onde, através de medidas, os alunos determinavam a equação do coeficiente de atrito de um corpo que cai no plano inclinado com atrito em função de sua aceleração, que poderiam ajudar na análise dos vídeos, então um roteiro com informações da atividade era entregue aos grupos, (em anexo). No final deste passo, e com as informações

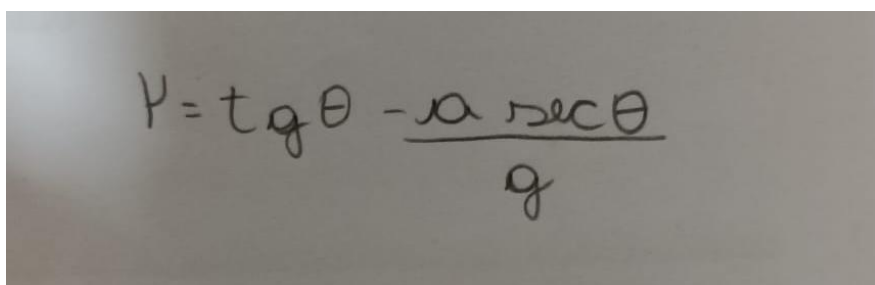
do que acontecia com o corpo no plano inclinado com atrito, os alunos seguiam para o passo 5.

Neste passo, as análises de vídeos eram feitas pelo professor, pois a aplicação do produto se tornava mais rápida e objetiva quando, passo-a-passo o professor investigava junto com os alunos a obtenção de dados. A análise feita pelo professor, estava relacionado a:

- Determinar as curvas da posição x tempo do bloco que deslizava sobre um plano inclinado com atrito nas duas etapas dos vídeos produzido (ETAPA (A) e ETAPA (B));
- Gerar as curvas e fazer os ajustes a uma parábola, com objetivo de identificaria o Movimento Uniformemente Variado.
- Determinar as constantes do movimento através do ajuste, sendo a aceleração a mais importante, pois determinaria o coeficiente de atrito;

A figura 16 mostra a equação obtida por um dos grupos na atividade experimental feita no passo 4 para o coeficiente de atrito

Figura 10 - Coeficiente de atrito em função da aceleração

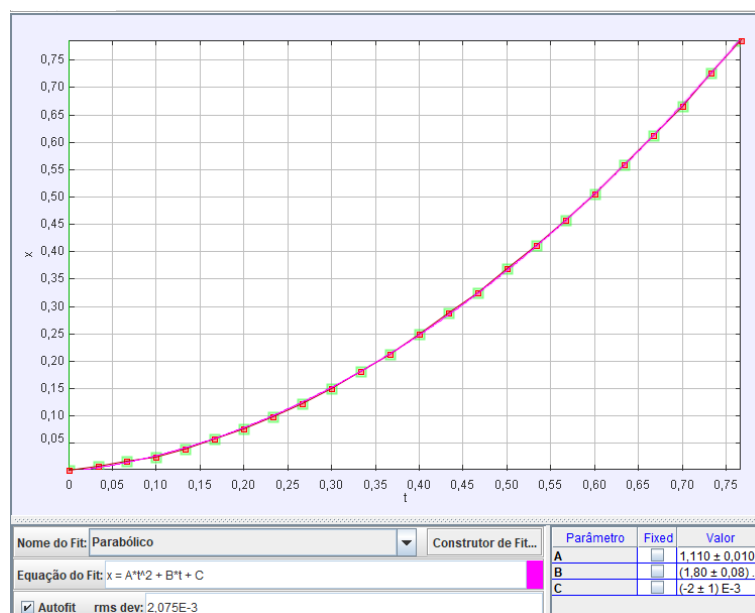


$$\mu = \frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta}$$

Fonte: Autor

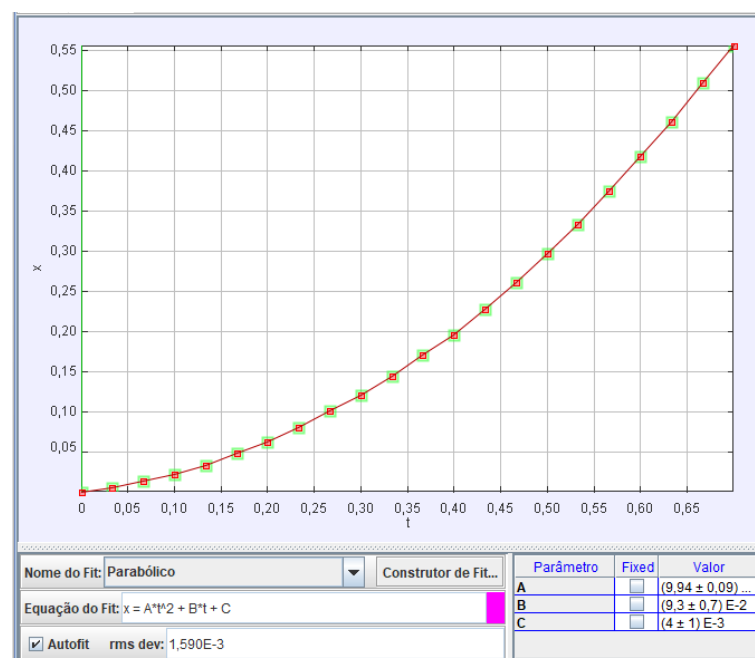
A figura 17 e a figura 18, mostram o resultado do ajuste da curva feita na análise de vídeo através do programa Tracker pra as duas etapas

Figura 11 - Ajuste da Curva para a ETAPA A



Fonte: Autor

Figura 18 - Ajuste da Curva para a ETAPA B



Fonte: Autor

Após ser retirado os parâmetros da parábola, é possível determinar as grandezas físicas constantes para o movimento uniformemente variado, bem como posição inicial, velocidade inicial e aceleração. A figura 19.

Figura 12 - Parâmetros para ETAPA A

Grandezas	Valores
ACELERAÇÃO	$2 \cdot 1,11 = 2,22 \text{ m/s}^2$
VELOCIDADE IN.	1,8 m/s
POSICÃO INICIAL	0,002 m

Fonte: Autor

Figura 13 - Parâmetros para ETAPA B

Grandezas	Valores
ACELERAÇÃO	$0,09 \times 2 = 1,98 \text{ m/s}^2$
VELOCIDADE IN.	0,09 m
POSICÃO IN.	0,004 m

Fonte: Autor

A figura 21 e figura 22 mostram os resultados obtidos por um dos grupos após as análises de vídeo feitas no passo 5 para os dois vídeos analisados para um mesmo objeto.

Figura 14 - Resultado do coeficiente na ETAPA A

$\text{tg}(\theta) = X$	$\frac{\text{sec}(\theta)}{g} = Y$	a	$\mu = X - aY$
0,56	0,11	2,22	0,31

Fonte: Autor

Figura 15 - Resultado do coeficiente na ETAPA B

$\text{tg}(\theta) = X$	$\frac{\text{sec}(\theta)}{g} = Y$	a	$\mu = X - aY$
0,56	0,11	1,98	0,34

Fonte: Autor

No passo 6, foi feito então o estudo dos resultados obtidos no passo 5. Dois coeficientes de atrito eram obtidos para duas acelerações obtidas na análise das duas etapas, (A) e (B), feitas pelo professor junto com os estudantes na sala de aula.

No passo 7, um formulário era então respondido de forma que os alunos pudessem fazer suas conclusões acerca dos resultados. O caráter investigativo deve ser prioridade e não a resposta correta, assim o professor irá fazer as correções em um momento oportuno e procurar os possíveis erros para cada solução encontrada em cada grupo.

A tabela 1, mostra a quantidade de aulas em termos das etapas da aplicação da aprendizagem baseada em problema nesse produto. Sendo livre, a escolha do professor, em relação a quantidade de aulas para cada etapa da ABProb.

Tabela 1 – Quantitativo de aulas por etapa.

Etapa	Quantidade de Aulas
1 - Discutir o tema	1 aula
2 – Identificar as perguntas	1 aula
3 – Brainstorm	1 aula
4 – Análise dos resultados no Brainstorm	1 aula
5 - Definir tarefas e objetivos de aprendizagem:	2 aulas

6 – Estudar o tema	2 aulas
7 – Sintetizar os resultados/soluções	2 aulas

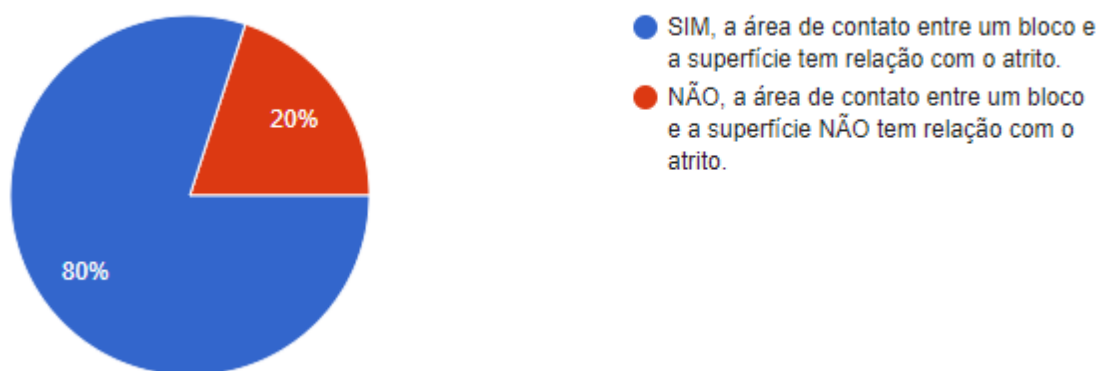
Fonte: Autor

7 RESULTADOS

Tendo caráter qualitativo, os resultados obtidos através da aplicação do produto educacional visa mostrar as evidências do uso das metodologias ativas no ensino de física, a desenvolvimento da formação transdisciplinar do professor no uso de recursos digitais e do uso de metodologias, a aprender fazendo como um intensificador da aprendizagem do aluno.

No início do processo de aplicação da atividade e diante dos vídeos produzidos pelo professor, os alunos 25 alunos, que tomaremos como o total da aplicação do produto educacional, eram perguntados acerca da relação da área de contato e a força de atrito entre um objeto e superfície, a figura 23, mostra as respostas dada pelos alunos quando colocados diante de um problema que era contraintuitivo, no sentido que, a relação entre força de atrito e área de contato era intuitivamente verdadeiro.

Figura 16 - Resultado acerca da situação problema

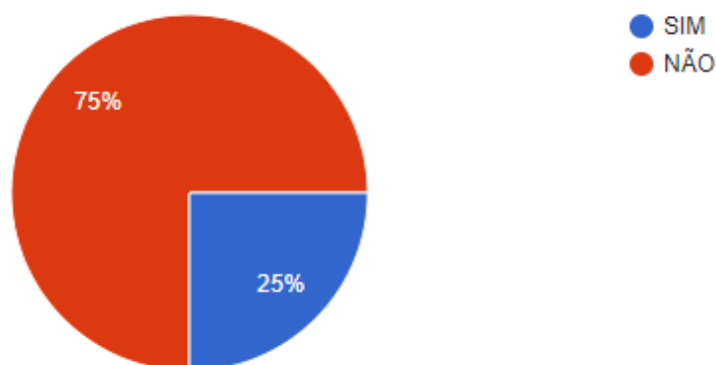


Fonte: Autor

Temos uma resposta então que converge para o “SIM”, em termos de associar inicialmente a força de atrito com a área de contato. Já no final do processo, era perguntado se, de acordo com a atividade proposta pelo professor e os dados obtidos no experimento ainda se podia acreditar na relação entre força de atrito e a área de contato entre o objeto e a superfície.

E para uma pergunta em relação ao coeficiente de atrito ser o mesmo nas duas etapas gravadas pelo professor e posteriormente analisadas em sala junto com os alunos usando o software Tracker para análise de vídeo, a figura 24 mostra o resultado.

Figura 17 - Relação entre força de atrito e área de contato



Fonte: Autor

E para as repostas NÃO, o aluno era perguntado se havia então relação entre a força de atrito e área de contato, algumas repostas são mostradas da figura 25

Figura 18 - Respostas

Sim, pois o bloco era maior sendo assim a área de contato é maior e o atrito também.

Sim, porque quanto maior for a força normal, maior será o atrito, fazendo com que dependendo do peso (ou área de contato) o atrito seja maior ou menor

Fonte: Autor

A essa resposta devemos associar como a condução do experimento e do vídeo criado pelo professor. No resultado feito pelo aluno, os coeficientes não são iguais o que evidencia para ele a relação efetiva da força de atrito e área de contato, que se pressupõem o erro nos cálculos feitos pelo aluno, ou até mesmo as diferentes acelerações obtidas nas análises de vídeo feito pelo professor, onde o mesmo objeto, mesmo tendo os polimentos iguais nas duas faces em contato, havia algo que não era comum nas duas etapas.

Alguns alunos ainda comentaram a respeito das respostas, como é mostrado da figura 26.

Figura 19 - Respostas sobre os resultados

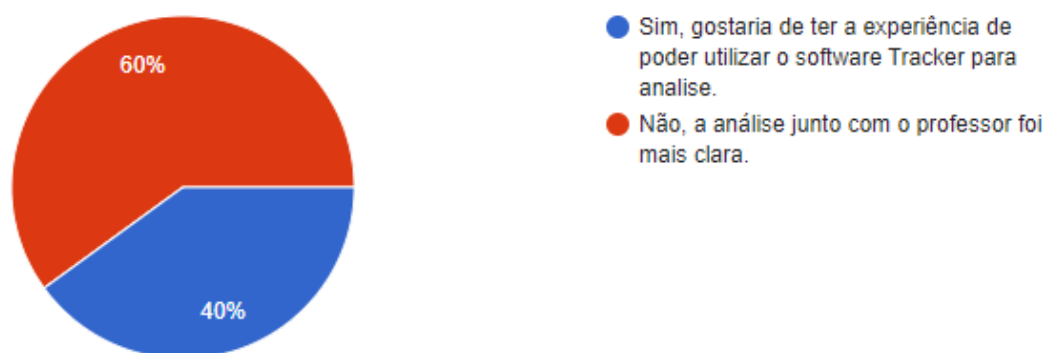
Por que a força do atrito tem relação com o posicionamento do objeto

Fonte: Autor

Neste passo, o aluno intensificou que, pelos resultados obtidos do coeficiente é evidenciado a relação do posicionamento do objeto em relação a superfície e o atrito sobre ele.

Quanto ao fato de tornar o aluno responsável por sua própria aprendizagem, criando em si o papel de construir e buscar meios de encontrar respostas e soluções para um determinado problema, a figura 27 mostra o interesse do aluno no processo de buscar a solução, manusear o software em busca de resposta para um dado problema.

Figura 20 - Interesse no uso do recurso didático



Fonte: Autor

Quanto aos processos da ABProb, no ponto de vista dos alunos, a pergunta sobre o que eles encontraram de dificuldades numa escala que iniciava em “Muito Fácil”, “Difícil”, “Médio”, “Fácil” e “Muito Fácil”, foi feita de forma que algumas respostas possam ser resumidas na figura 28.

Figura 21 - Respostas quando as etapas da ABProb

Tivemos dificuldade em relação ao grupo, já que todos tinham opiniões diferentes, o que dificultou bastante a responder as atividades(até essa)...

Discutir o caso e identificar o problema foi fácil, definir um objetivo foi razoável, estudar sobre o tema foi fácil pois foi bem explicado

Discutir o caso e identificar o problema foi fácil, o Brainstorm não foi utilizado pelo grupo, definir um objetivo foi razoável, estudar sobre o tema foi fácil por foi bem explicado e compilar os resultados foi difícil por falta dos mesmos.

Tem alguns que é mais fácil de se compreender outras não

Fonte: Autor

O caráter colaborativo pode ser instigado quando há opiniões diferentes, portanto, sendo um dos aspectos mais difíceis de se trabalhar, podendo causar problemas no andamento da aplicação da atividade. Porém, ao longo do produto, é possível ver o interesse dos alunos e o despertar em termos de curiosidade aumentava cada vez mais busca por solução.

8 CONCLUSÃO

A ABProb quando aplicada no ensino médio aliada a disciplina de física, intensifica o caráter colaborativo e cooperativo, instigando o aluno a ser crítico e responsável por sua própria aprendizagem. O aprender fazendo é o ponto principal da aplicação da metodologia ABProb, o aluno lida com situações encontradas do dia-a-dia podendo inferir e buscar respostas para dúvidas que venham a surgir, sendo totalmente desafiador.

É importante que cada passo da aplicação da metodologia possa ser bem aproveitado, onde o professor, que atuara como tutor e guia, irá corrigindo possíveis erros e fuga do tema, mas que as adaptações possam ser feitas para casa etapa do processo de aplicação, adequando-se a sua realidade, bem como uso dos recursos didáticos.

Aliar o ensino de física com situações do dia-a-dia é importante para despertar no aluno um interesse que não se ver em aulas expositivas e monótonas quando o aluno é um mero receptor de informações que são bombardeadas incansavelmente pelo professor, muitas vezes super carregado de tarefas e ter que lhe dar com novas metodologias com pequenos recursos, não o lhe deixa favorável para buscar novos métodos de ensino.

Quanto ao uso do software Tracker, podemos notar a precisa análise feita em cada processo analisado pelo professor junto com o aluno, entregando resultados confiáveis e que, não tendo, a ABProb, o objetivo de entregar um resultado correto, mostra ser um forte recurso didática a ser utilizado em sala de aula com outros metodologias. Intensificando o uso de metodologias ativas no ensino de física.

Este trabalho, propôs o uso da Aprendizagem Baseada em Problema, uma metodologias ativa que, aliada ao uso de um recurso didático com o Software Tracker, se mostrou interessante no que pode ser visto na mudança do ensino tradicional para uma proposta inovadora.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Camila A.; GALHARDI, Vinícius B.; HERNASKI, Carlos A. **As leis de Newton e a estrutura Espaço-temporal da Mecânica Clássica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, 2018.

Aquilante, A. G. (2011). **Situações-problema simuladas: uma análise do processo de construção**. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 35, n. 2, 147-156.

Bacich, L. e. (2018). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso.

BALOLA, Raquel. **Princípios matemáticos da filosofia natural: a lei da inércia**. 2011. Tese de Doutorado.

BRASIL. (1996). **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**.
Carvalho, P. S., Biosa, E., Rodrigues, M., & Prereira C. . Ataíde, M. (2013). **How to Use a Candle to Study Sound Wave**. Fonte: The Physics Teacher: <http://dx.doi.org/10.1119/1.4820847>.

Delizoicov, D. (2008). **La educación en ciencias y laperspectiva de Paulo Freire**. . Alenxandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v.1, n.2, 37-62.

Dewey, J. (1976). **Experiência e educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional.

Dewey, J. (1979). **Democracia e Educação**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional.

Enricone, D. e. (1975). **Planejamento de Ensino e Avaliação**. Porto Alegre: Emma.

Filatro, A. e. (2018). **Metodologias Inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação.

Fosnot, C. T. (1998). **Construtivismo: Uma teoria Psicológica da Aprendizagem**. Em C. T. (Org). Construtivismo: Teoria, pespectivas e prática pedagógica. São Paulo: Artes Médicas.

Freire, P. (1997). **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática Educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Gagne, R. M. (1971). **Como se realiza a aprendizagem**. Rio deJaneiro: Livro Técnico.

Gaspar, A. (2003). **Experiência de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática.

Mora, F. (2013). **Neuroeducación: sólo de puede aprender aquello que se ama**. Madrid: Alianza Editorial.

Moreira, M. A. (2021). **Teorias de Aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC .
PISA. (s.d.). **Pisa 2022: Quadro Conceptual de Matemática**. Fonte:
<https://pisa2022-maths.oecd.org/pt/index.html#Twenty-First-Century-Skills>

Serafim, M. C. (2001). **A falácia da dicotomia teoria-prática**. Revista Espaço Acadêmico.

Valente, J. A. (2018). **A saula de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia**. São Paulo: Penso.

Valsiner, J. (1991). **The Encoding of distance: the concept of the 'zone of proximal development' and its Interpretations**. In: Cocking and Renninger (Eds.) *The Development and Meaning of Psychological Distance*. Hillsdale, New York: Erlbaum.

Vygotsky, L. S. (2000). **Psicologia Concreta do Homem**. In. *Educação & Sociedade* XXI, Nº 71.

Vygtsky, L. S. (1984). **A Formação Social Da Mente**. São Paulo: Martins Fontes.

Wertsch, J. V. (1988). **Vygotsk y la Formación Social de la Mente**. Barcelona: Ediciones Paidós .

BARROS, A. J. D. S.; LEHFELD, N. A. D. S. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 3ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BATOCCHIO, A.; BIAGIO, L. A. **Plano de Negócios - estratégia para micro e pequenas empresas**. São Paulo: Manole, 2005.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. D. V. **Introdução á Engenharia: Conceiros, Ferramentas e Comportamentos**. FLORIANÓPOLIS: UFSC, 2009.

BERNARDI, L. A. **Manuel de Empreendedorismo e Gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas**. São Paulo: Atlas , 2010.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DARIDO, S. C.; SOUZA JÚNIOR, O. M. D. **Para Ensinar Educação Física: possibilidades de intervenção na escola**. Campinas: Papyrus, 2007.

DOLABELA, F. **O Segredo de Luísa**. Rio de Janeiro: Sextante, 2008.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador**: uma visão internacional. Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2005.

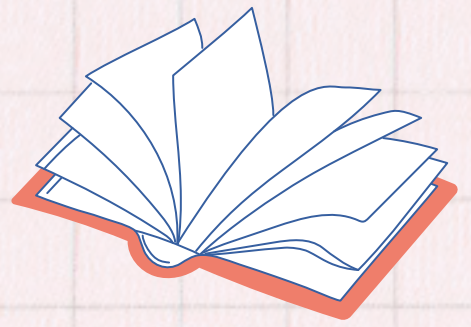
NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Mecânica** (vol. 1). Editora Blucher, 2013.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; WALKER, Jearl. **Fundamentals of Physics**, Vol. 1. Hoboken: John Wiley, 1988.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **The feynman lectures on physics**; vol. i. American Journal of Physics, v. 33, n. 9, p. 750-752, 1965.

APÊNDICE

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA



TEMA

INVESTIGANDO A
RELAÇÃO ENTRE
FORÇA DE ATRITO E
ÁREA DE CONTATO



$$E = mc^2$$



CONTEÚDOS DE FÍSICA ABORDADO

- LEIS DE NEWTON
- FORÇA DE ATRITO
- PLANO INCLINADO
- RELAÇÕES TRIGONOMÉTRICAS NO TRIÂNGULO RETÂNGULO



$$V_t = V_0 + at$$

ERIVALDO DOUGLAS SANTOS DE LIMA

SUMÁRIO

Apresentação	02
Introdução.....	03
Capítulo 1 - Objetivo do Produto Educacional	05
Capítulo 2 - Etapas Preparatórias.....	10
Materiais e Recursos	10
Preparação dos Vídeos.....	13
Análise dos Vídeos.....	15
Capítulo 3 - Aplicação da ABP	24
Apêndice.....	28

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver no aluno seu caráter investigativo e autônomo por meio de investigação de situação-problema em que relaciona a força de atrito e área de contato da superfície de certos materiais e como ferramenta de aprendizagem o software Tracker, responsável análises de vídeos.

As metodologias ativas...

A proposta da aprendizagem Baseada em Problemas utiliza uma situação-problema como ponto de partida, sendo desenvolvida pelos alunos de forma colaborativa ou individualmente com o objetivo de aprender e encontrar soluções.

INTRODUÇÃO

A elaboração deste produto educacional visa a melhoria no ensino de física e que seja reaplicável no sentido de validação, utilizando-se de uma abordagem metodológica de caráter investigativo, fazendo uso da Aprendizagem Baseada em Problema (ABP) e utilizando como recurso didático o software de análise de vídeo Tracker.

A presente pesquisa encontra-se embasada nos ditames da física que estão interligados pela causa e efeito entre a força de atrito e a área de contato. tal lei, muito estudada por sinal, aqui encontrará uma versão e aplicabilidade nos meios tecnológicos ao utilizar o software Tracker como recursos para resolução desses problemas. sem contar que os meios para esta utilização estão situados na Aprendizagem Baseada em Problemas.

A abrangência da pesquisa se encontra na causalidade de ao utilizar metodologias ativas para o ensino de física, transformará o aluno em um ser atuante e conectado com o que acontece ao seu redor. Das metodologias ativas utilizadas, nós abordaremos a ABProb, aprendizagem baseada em problemas, onde

através de um problema real o aluno é forçado a desenvolver meios de pesquisa e relacionamento, através do trabalho individual e coletivo. Este trabalho é utilizado com no software Tracker, para o aluno responder as indagações que lhe são passadas.

Diante das intempéries do ensino educacional brasileiro, um fator que permanece em evidência é a importância das pessoas que fazem diferença nesse meio. a estagnação da metodologia de ensino-aprendizagem, tão comum a dezenas de anos necessita de uma modificação. E na física isso não é diferente. Esse marasmo pelo qual passa os alunos quando se dirigem as escolas é sinônimo de que algo está errado e que precisa ser mudado. É incentivando e transmitindo para o aluno novas formas de fazer, colocando em suas mãos o papel de responsável pelo rumo a ser seguido que tudo começa a mudar, conforme observado em outras instituições que aplicam a APB.

Portanto, buscou-se reunir dados/informações com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: Como a metodologia ativa APB, aprendizagem baseada em problema, ao fazer uso do software Tracker na física consegue responder os problemas de força de atrito e da área de contato?

CAPÍTULO 1

OBJETIVO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Em diversas situações do cotidiano encontramos situações que nos fazem levar a conclusões precipitadas levando apenas as observações diretas. As conclusões rápidas acerca das situações não levam em conta o caráter fenomenológico e físico. Um dessas situações iremos apresentar nesse produto.

A situação ao qual esse trabalho se destina, refere-se a um objeto que desliza sobre uma superfície plana levando-nos a crer que quanto maior for a área de contato entre um objeto e a superfície maior será o atrito. Surge então o problema que contraria as equações da força de atrito.

A equação da força de atrito é obtida experimentalmente, e expressa como:

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

Onde, μ representa o coeficiente de atrito. A partir dessa equação, podemos descrever para um corpo que desliza numa superfície plana que:

1 - A força de atrito é sempre tangente as possíveis trajetórias enquanto houver contato;

2 - A força de atrito tem sentido sempre oposto a tendência do movimento, ou contrário ao movimento;

3 - Se não há movimento, estamos lidando com atrito estático, e tendo módulo máximo proporcional a força de reação normal, , podendo ser escrita como:

$$|F_{at}| \leq \mu_e \cdot |N|$$

Onde μ_e representa o coeficiente de atrito estático;

4 - Se houver movimento, a força de atrito é cinética e praticamente constante, proporcional a.

$$F_{at} = \mu_c \cdot \vec{N}$$

Onde μ_c representa o coeficiente de atrito cinético.

Pode-se então verificar que a força de atrito não depende da área de contato entre a superfície e o objeto, apenas da força de reação normal e do coeficiente de atrito que é obtido experimentalmente.

Para que fosse possível estudar um movimento com atrito mantendo constante a aceleração durante a análise, foi escolhido um plano inclinado, como na figura 1.



FIGURA 1

A superfície do plano feita de madeira polida, tendo o cuidado para manter o mesmo polimento para todos os pontos da superfície.

O coeficiente de atrito pode ser determinado pela equação:

$$\mu_d = \operatorname{tg}(\theta) - a \cdot \frac{\sec(\theta)}{g}$$

Onde " θ " representa o ângulo de inclinação do plano inclinado, " g " a aceleração da gravidade e " a " a aceleração do objeto que desliza sobre o plano inclinado.

A equação para o coeficiente de atrito dinâmico entre um objeto que desliza sobre um plano inclinado depende da aceleração ao qual o objeto desliza, que pode ser determinada experimentalmente através da análise de vídeo.

Portanto, ao utilizar o software tracker para gerar o gráfico da posição x tempo do objeto, podemos determinar a aceleração ao qual o objeto desliza no plano.

O gráfico da figura 2 mostra as posições em função do tempo de um objeto que desliza sobre um plano inclinado com atrito gerado pelo software Tracker.

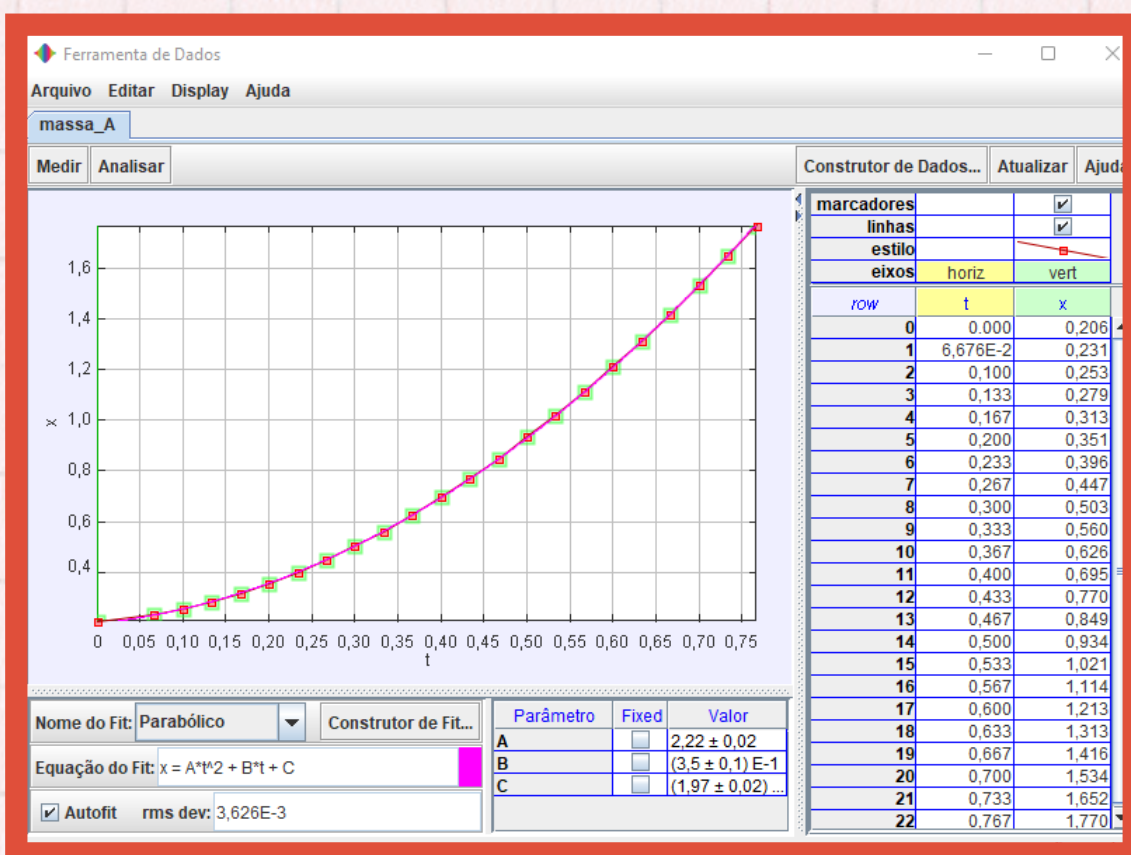


FIGURA 2

Na figura 2, é possível perceber a relação quadrática da posição e o tempo, onde evidencia o movimento uniformemente variado.

Na figura 3, podemos observar os parâmetros gerados pelo ajuste da curva feita pelo Software TRACKER.

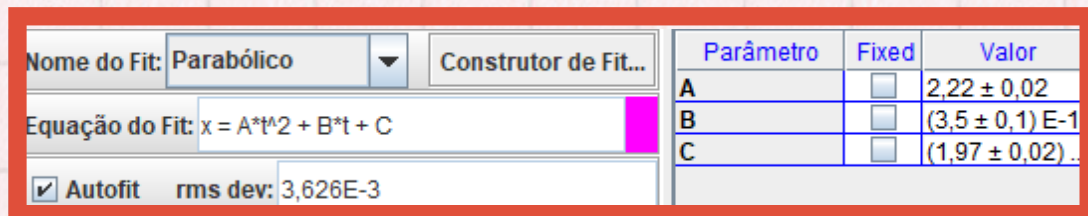


FIGURA 3

Segundo a equação do movimento uniformemente variado, podemos determinar a aceleração como:

$$a = \frac{A}{2} = \frac{2,22}{2} = 1,11m/s^2$$

De posse da aceleração do movimento e do coeficiente de atrito será possível, segundo as etapas da ABP, e seguindo o roteiro de aplicação do produto educacional, estudar e avaliar a relação entre força de atrito e área de contato entre o objeto e a superfície.

Portanto, o produto educacional que é apresentado se destina a propor uma atividade baseando em metodologias ativas para mostrar a relação entre força de atrito e superfície de contato através de vídeo análise através do seu coeficiente de atrito.

CAPÍTULO 2

ETAPAS PREPARATÓRIAS

MATERIAIS E RECURSOS DIDÁTICOS

- Smartphone;
- computador com software tracker instalado;
- plano inclinado com superfície lisa;.
- 2 pedacinhos de madeira de formato paralelepípedo
- Roteiros de experimento;
- avaliação;



Qr code para download
do software TRACKER;

CAPÍTULO 2

ETAPAS PREPARATÓRIAS

O produto educacional será dividido em 3 etapas:

- Preparação dos Vídeos;
- Aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP);
- Aplicação do Formulário para conferir a eficiência da aplicação da ABP;

2.1 Preparação dos vídeos

Nessa etapa, o professor irá preparar o material em vídeo, para que seja analisado com a turma. Neste produto, e pelo tempo curto que foi disponibilizado pela escola, o professor prepara os vídeos antes de propor um problema para os alunos, porém, fica a critério do professor a elaboração junto com a turma ao qual o produto será aplicado.

As etapas seguintes servem como Roteiro De Preparação do Vídeos:

O produto educacional será dividido em 3 etapas:

- Preparação dos Vídeos;
- Aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP);
- Aplicação do Formulário para conferir a eficiência da aplicação da ABP;

2.1 Preparação dos vídeos

Nessa etapa, o professor irá preparar o material em vídeo, para que seja analisado com a turma. Neste produto, e pelo tempo curto que foi disponibilizado pela escola, o professor prepara os vídeos antes de propor um problema para os alunos, porém, fica a critério do professor a elaboração junto com a turma ao qual o produto será aplicado.

As etapas seguintes servem como Roteiro De Preparação do Vídeos:

PREPARAÇÃO DOS VÍDEOS

- O professor deverá colocar o plano inclinado sobre uma mesa e alinhar a câmera de forma que a superfície do plano não apareça na filmagem. Segue exemplo abaixo na figura 4

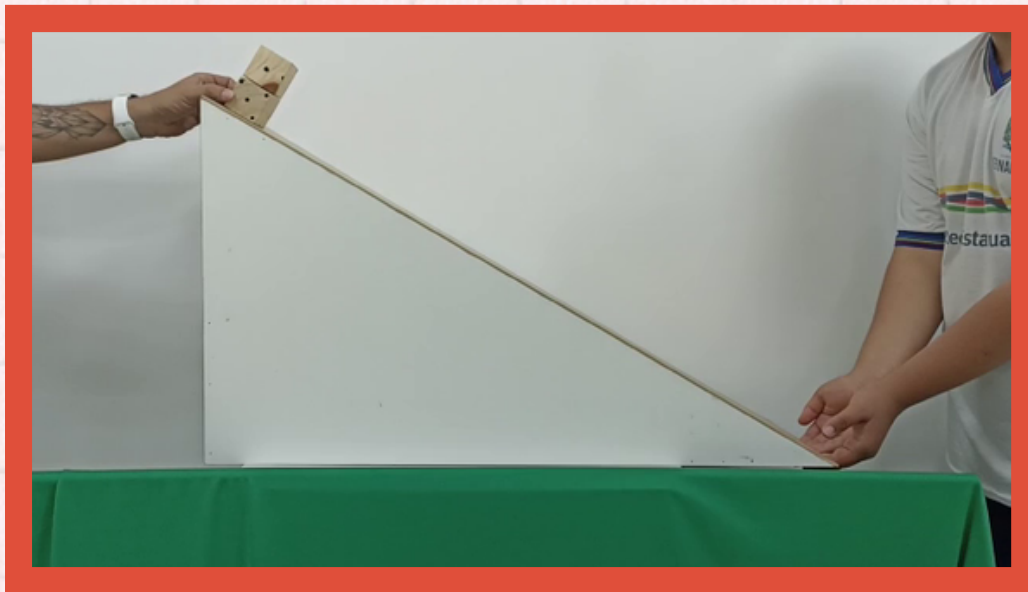


FIGURA 4 - FONTE AUTOR

- Feito os ajustes, o professor deverá então gravar 4 vídeos de 2 objetos, considerando as duas etapas:

ETAPA (A)

GRAVAR DOIS VÍDEOS COM O MÁXIMO DA ÁREA DE CONTATO DOS OBJETOS COM A SUPERFÍCIE DO PLANO

ETAPA (B)

GRAVAR DOIS VÍDEOS COM O MÍNIMO DA ÁREA DE CONTATO DOS OBJETOS COM A SUPERFÍCIE DO PLANO

- A figura 5 e 6 mostra dois exemplos de aplicação da etapa (a)

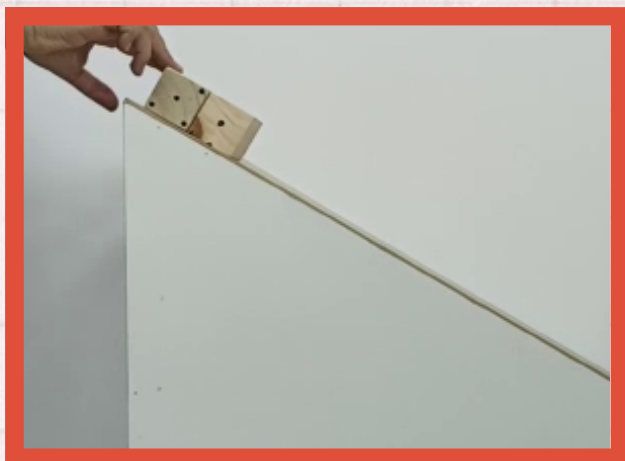


FIGURA 5 - FONTE AUTOR



FIGURA 6 - FONTE AUTOR

- A figura 7 e 8 mostra dois exemplos de aplicação da etapa (b)

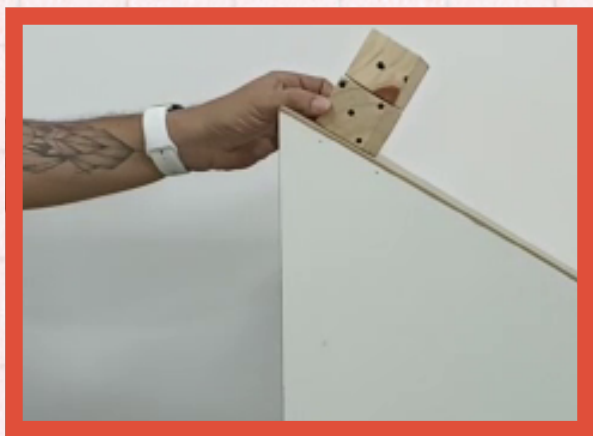


FIGURA 7 - FONTE AUTOR



FIGURA 8 - FONTE AUTOR

- Importante observar que área a de contato do bloco nos dois vídeos devem ter o mesmo polimento para que os resultados sejam semelhantes.

ANÁLISE DOS VÍDEOS

As Análises dos vídeos deverá ser feita antes da aplicação da aprendizagem baseada em problema.

- Abrir o programa Neste passo explicativo, será usado apenas um vídeo pra explicação de como será feita a análise, Porém nos resultados finais colocarei o resultado de todos os vídeos;

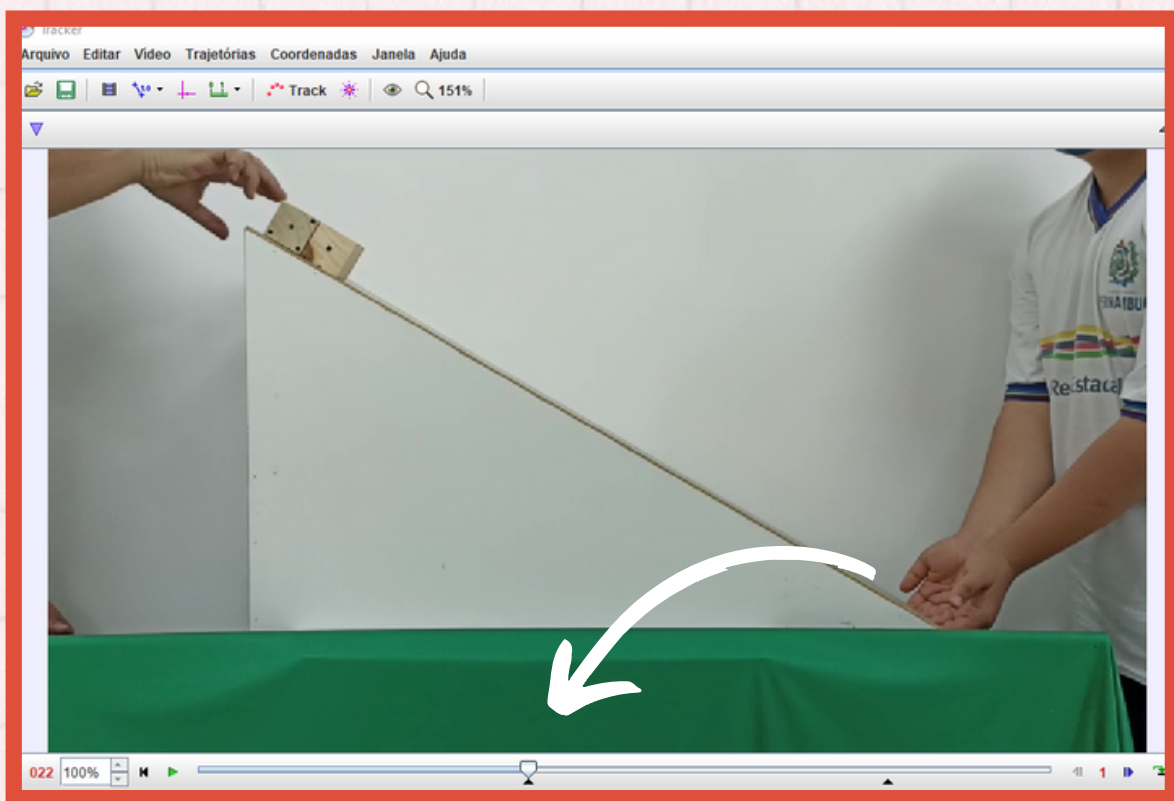


FIGURA 9 - FONTE AUTOR

- Na barra inferior, limitar o intervalo do vídeo ao qual será analisado. para o início do vídeo, garantir que o mesmo esteja livre do contato da mão e no fim não analisar o frame na base do plano inclinado; figura 9

- Inserir a origem dos eixos onde o objeto inicia seu movimento; figura 10

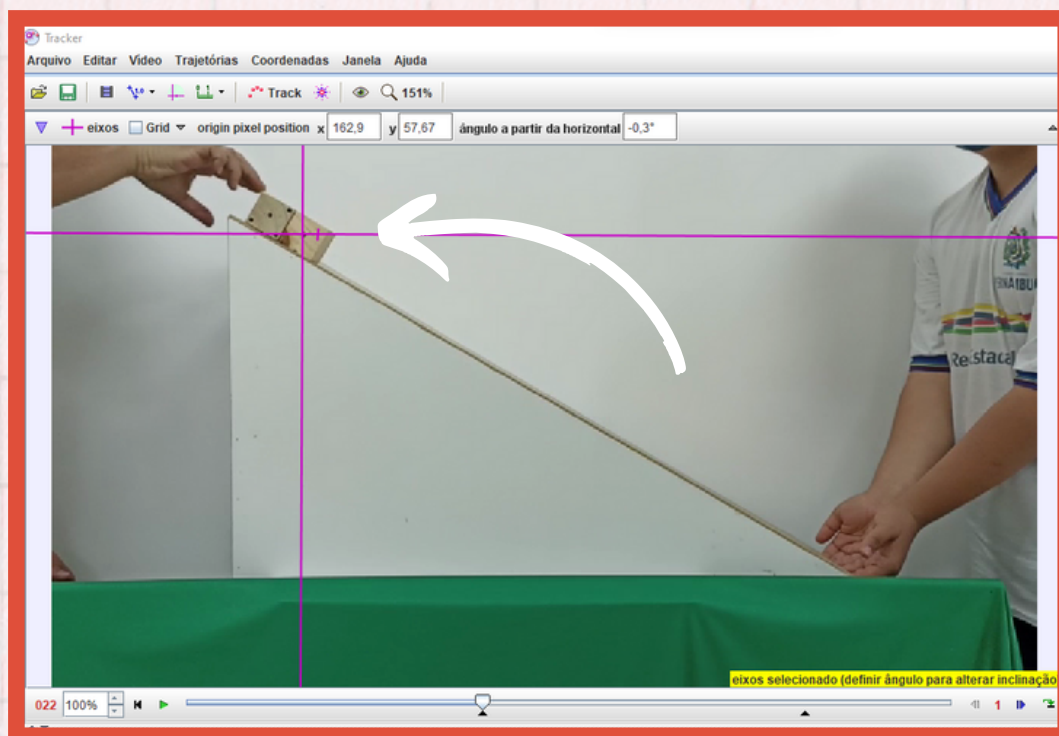


FIGURA 10 - FONTE AUTOR

- Inclinar o eixo junto ao plano; figura 11

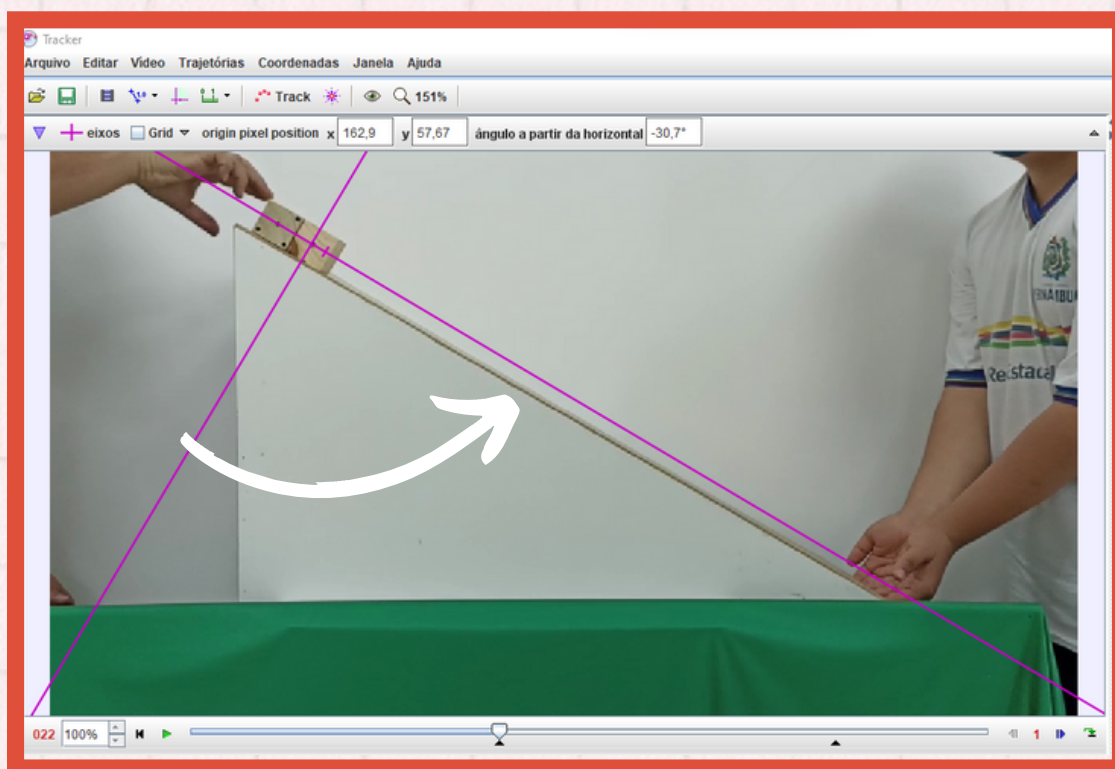


FIGURA 11 - FONTE AUTOR

- Bloquear o eixo; figura 12

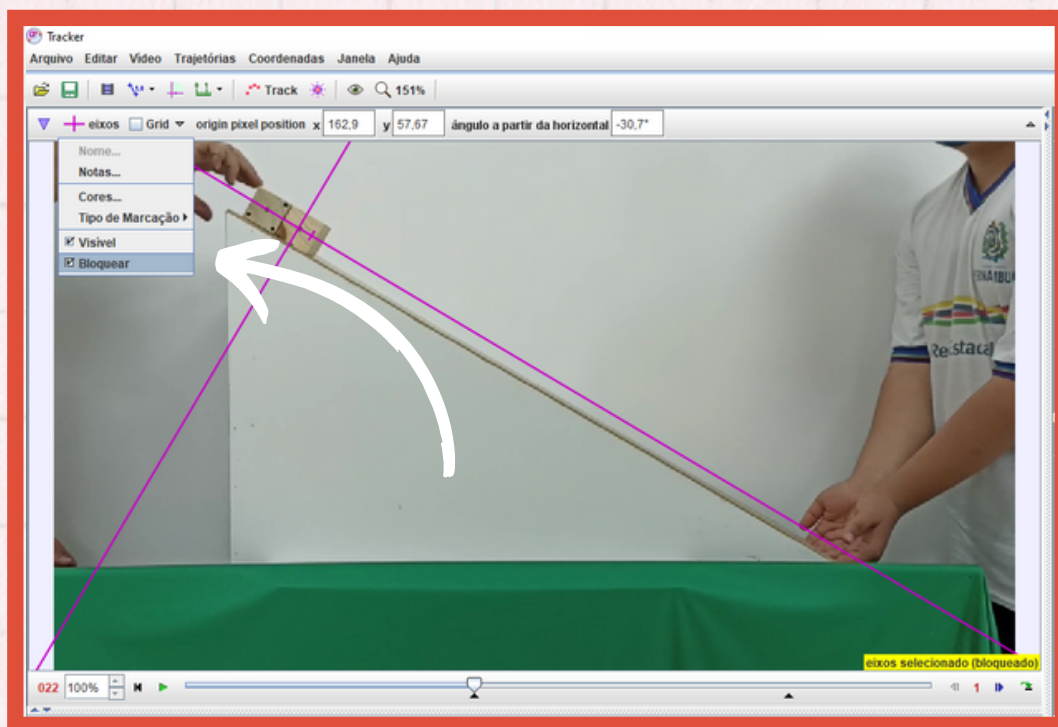


FIGURA 12 - FONTE AUTOR

- Inserir bastão de calibração; figura 13

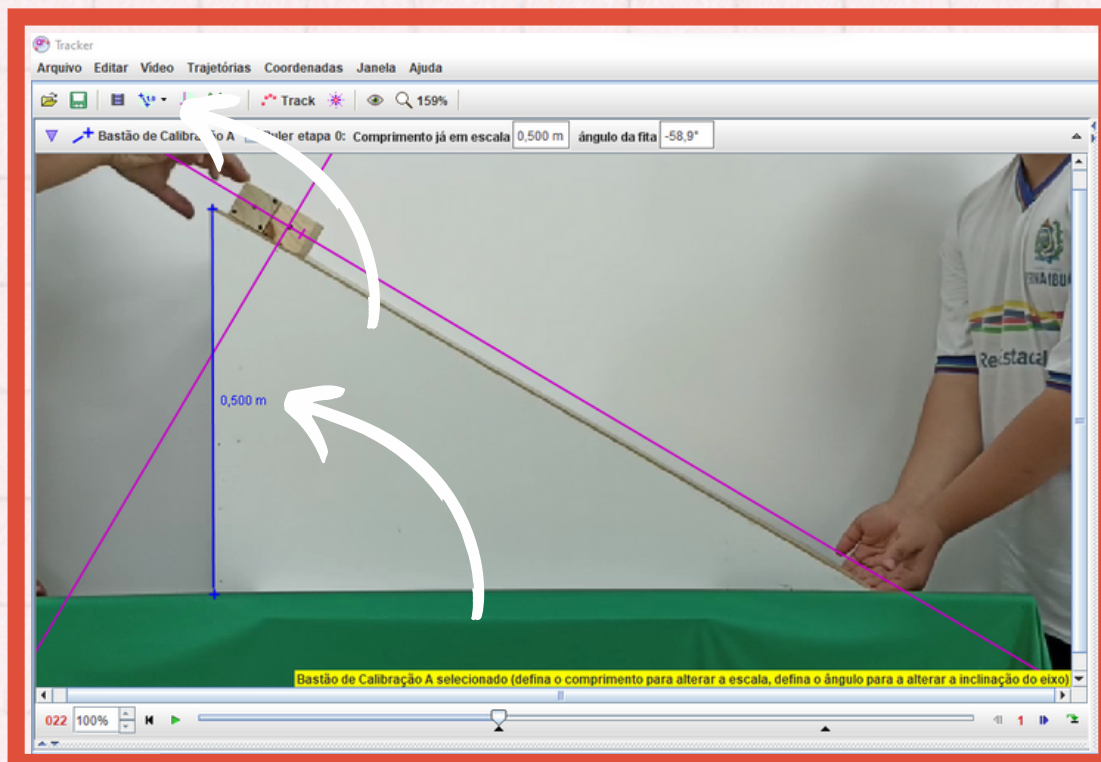


FIGURA 13 - FONTE AUTOR

- Bloquear o bastão de calibração; figura 14

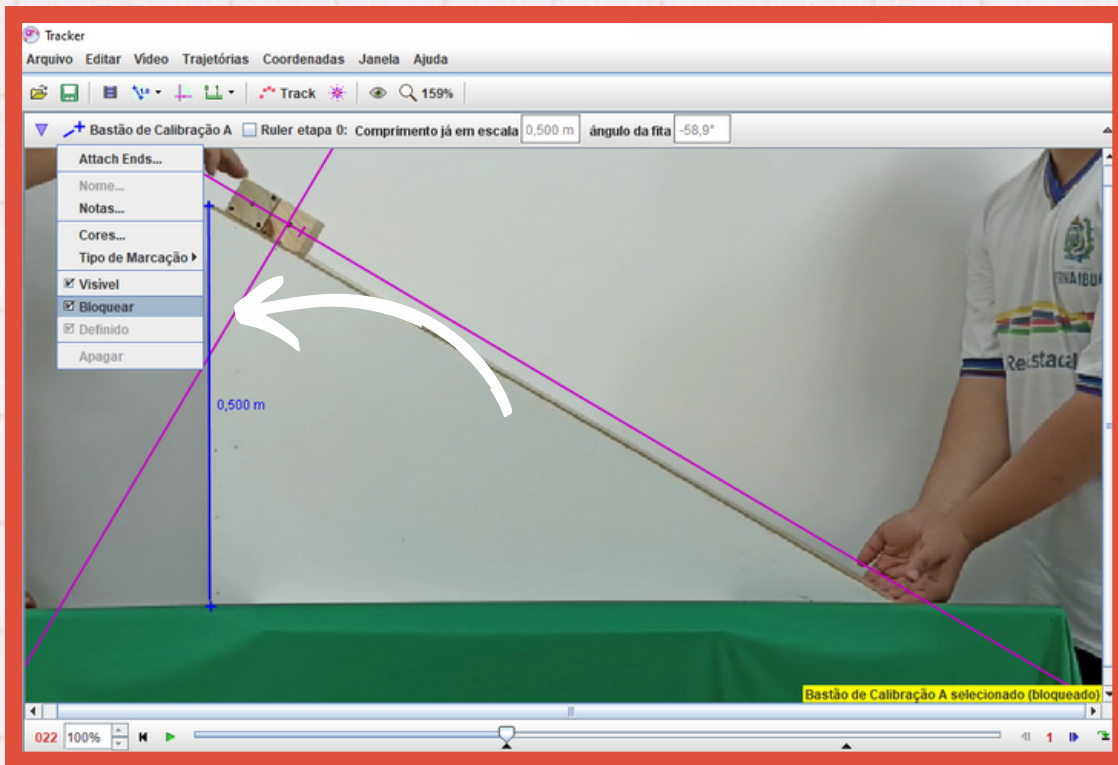


FIGURA 14 - FONTE AUTOR

- Criar ponto de massa para ser inserido nas posições do objeto analisado: figura 15

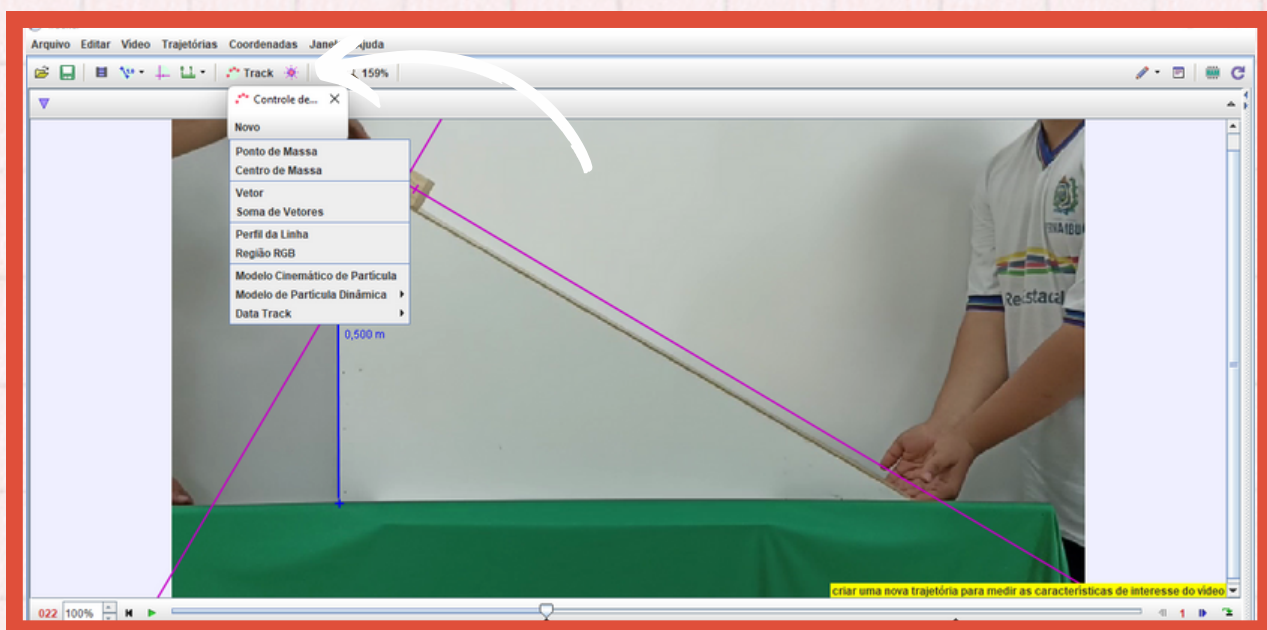


FIGURA 15 - FONTE AUTOR

- Capturar as posições do objeto a cada frame, portanto, de forma manual e na posição que será analisada, deve-se manter pressionado a tecla SHIFT e com o mouse clicar no ponto a ser analisado. figura 16

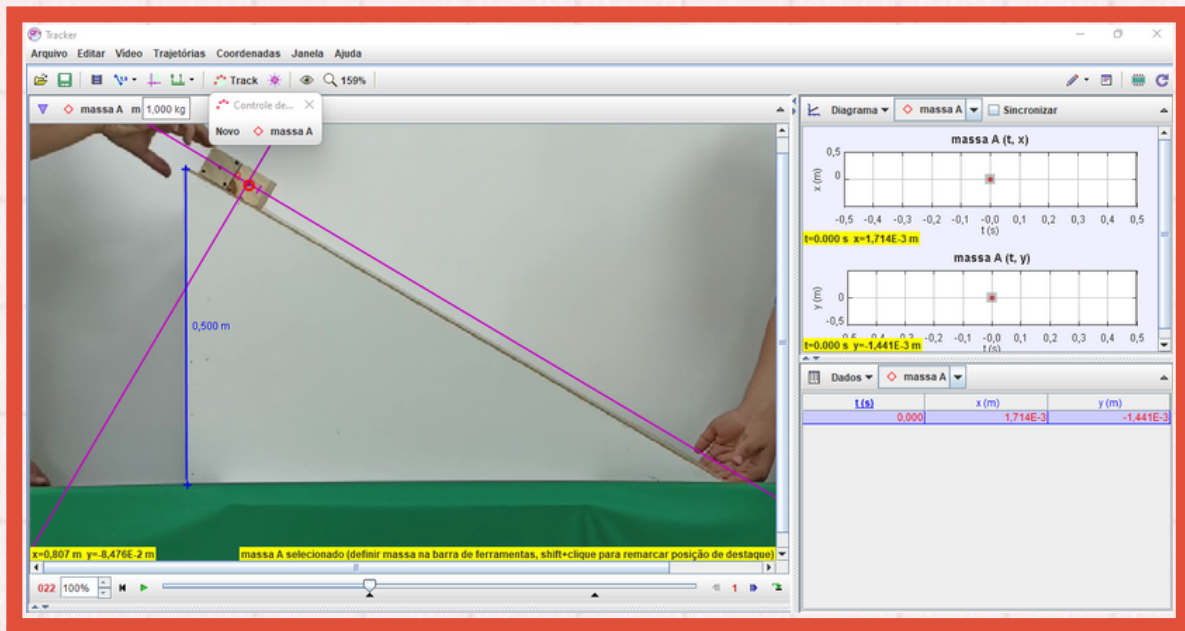


FIGURA 16 - FONTE AUTOR

- Após a posição ser capturada, um ponto no gráfico no lado direito é criado sendo ele o primeiro ponto será associado ao tempo inicial o valor 0.
- Automaticamente, após a captura do ponto ser feita, o frame seguinte será mosrado, pois para as posições iniciais serão muito próximos, ter muito cuidado nesse passo para não analisar o mesmo ponto.

- Pontos capturados quadro a quadro (figura 17)

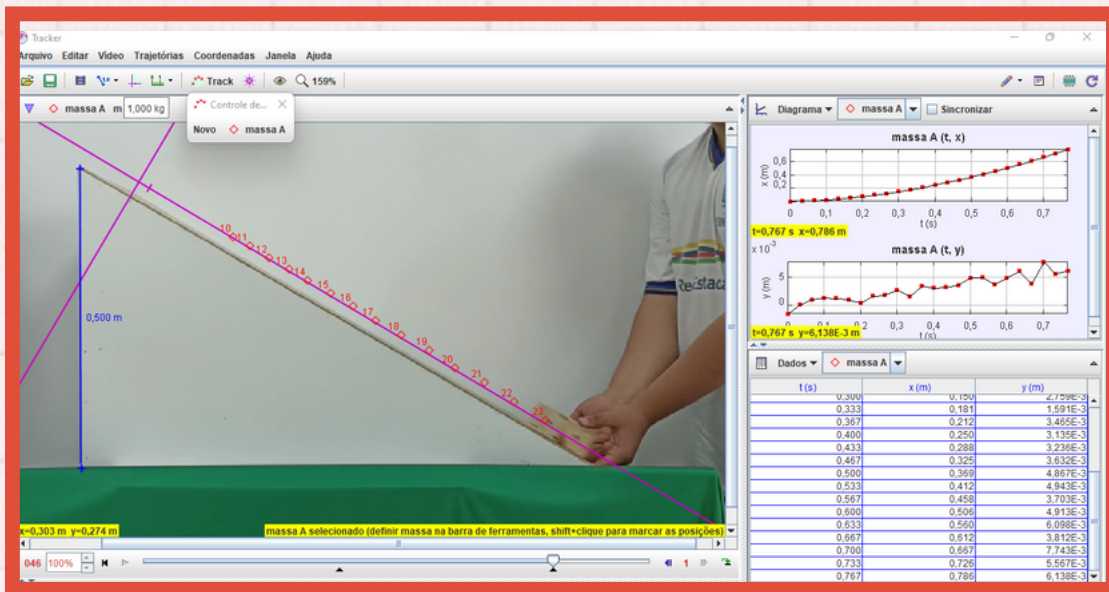


FIGURA 17 - FONTE AUTOR

- Em seguida iremos analisar o gráfico gerado pelos pontos capturados que corresponde as posições do objeto. Clicando com o botão direito do mouse no gráfico a ser analisado e em seguida analisar (figura 18)

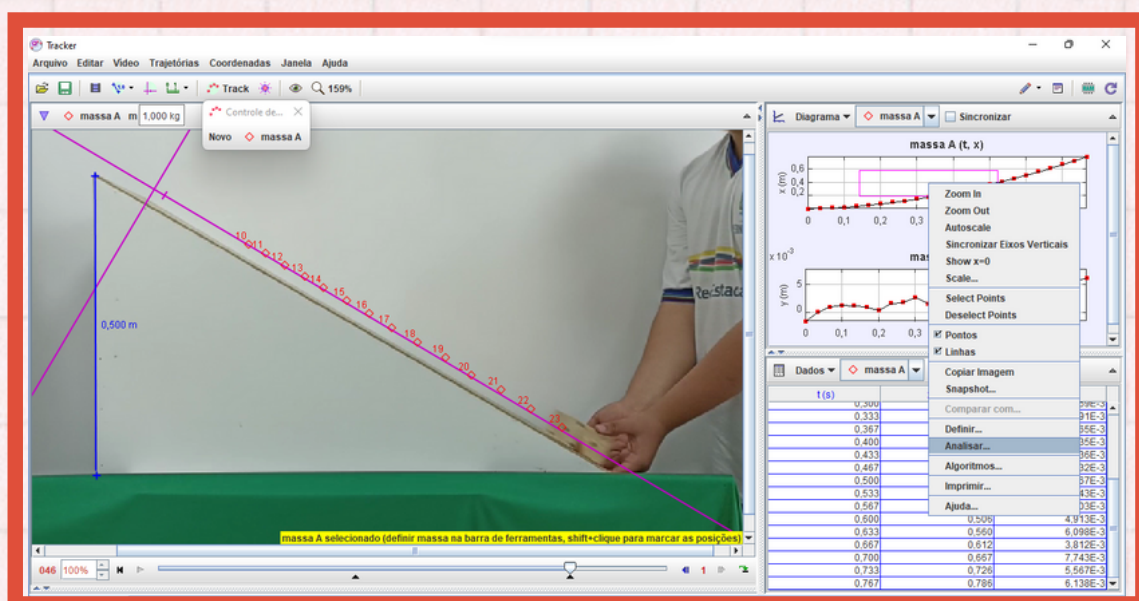


FIGURA 18 - FONTE AUTOR

- A página que irá surgir, não pode ter os pontos editados e somente analisados, por isso é importante verificar a coerência do passo anterior quanto ao gráfico que esperamos. A página a seguir mostra a janela correspondente ao gráfico gerado pelos pontos. (figura 19)

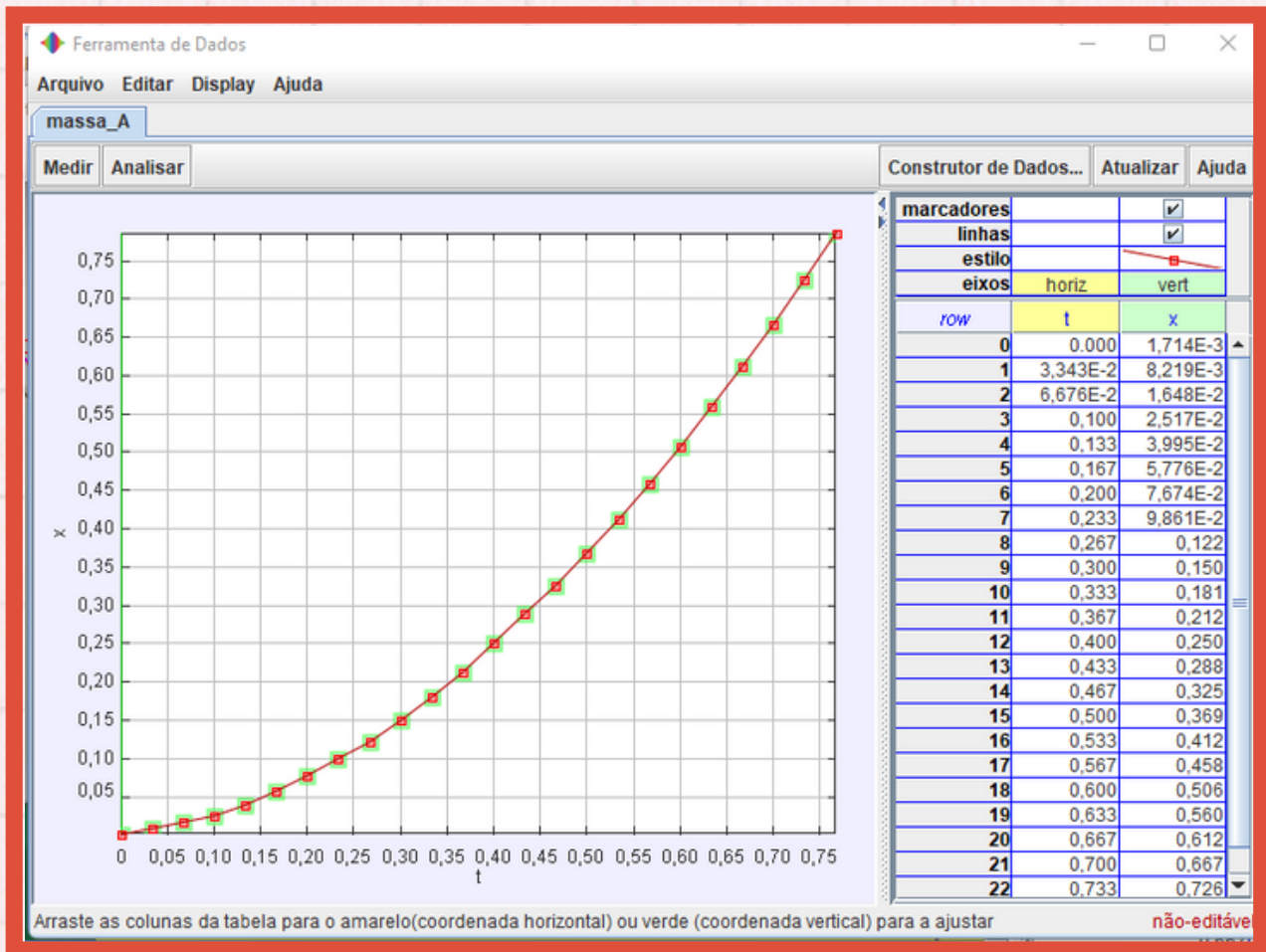


FIGURA 19 - FONTE AUTOR

- Agora é possível fazer o ajuste da curva gerada a uma parábola, clicando em analisar e fazendo o ajuste parabólico. (figura 20)

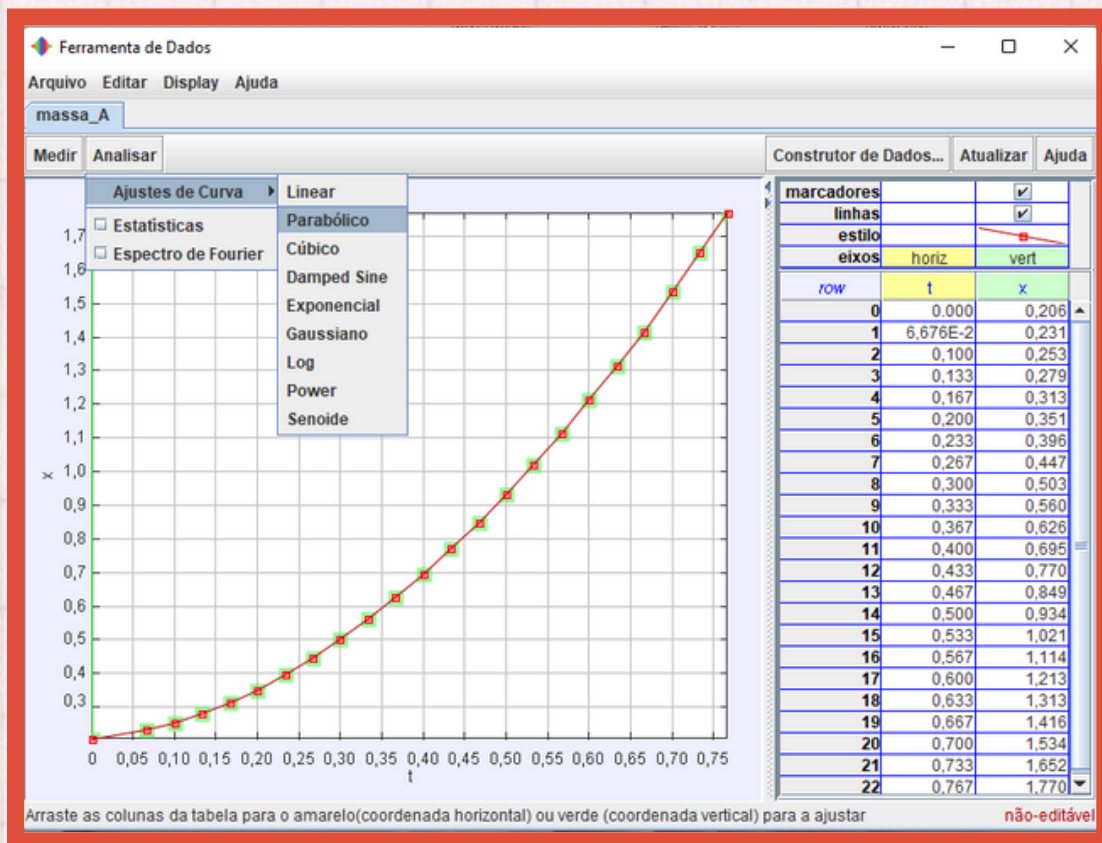


FIGURA 20 - FONTE AUTOR

- Dos dados na parte inferior da tabela, corresponde aos coeficientes do gráfico gerado. (figura 21)

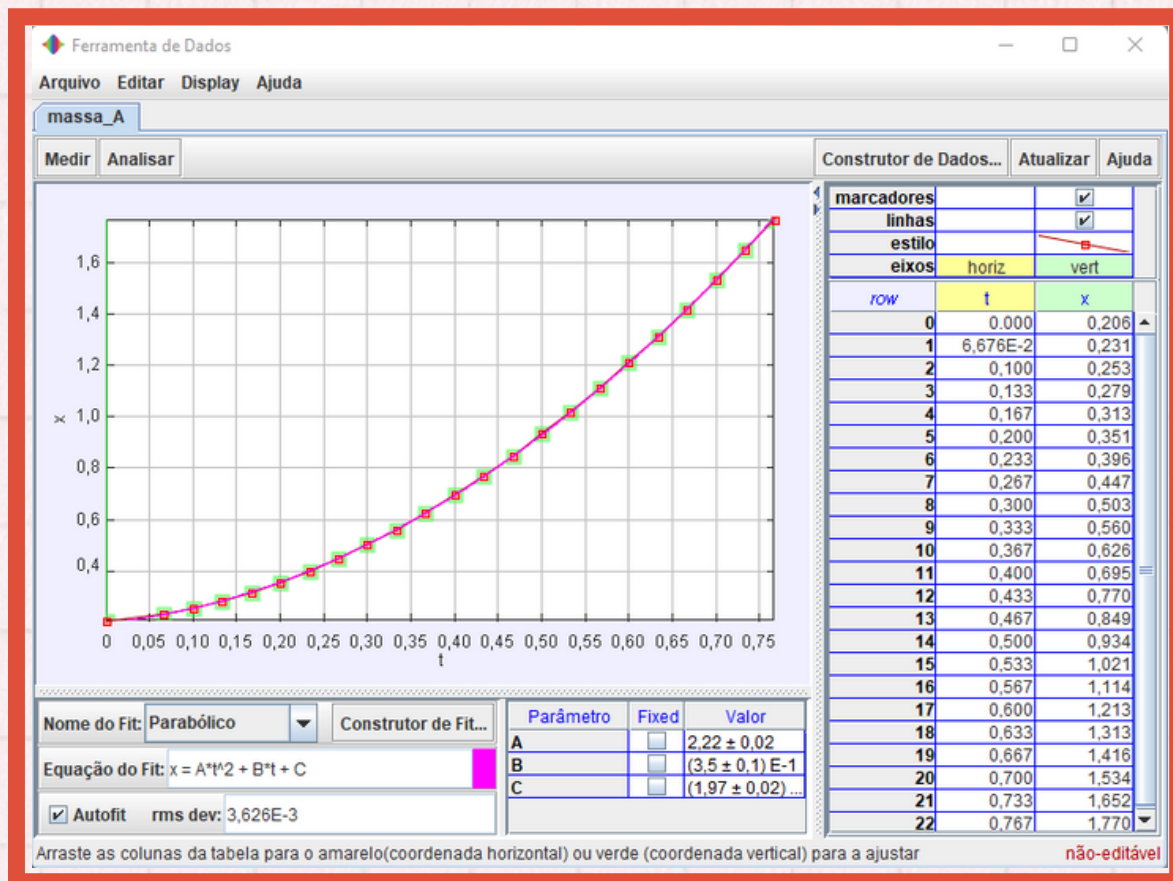


FIGURA 21 - FONTE AUTOR

- o coeficiente que nos interessa é aquele que corresponde ao valor de A, pois se refere a aceleração do movimento.

$$A = a/2$$

- onde a representa a aceleração
- tendo determinado a aceleração do movimento, deve-se utilizar o roteiro que se encontra no link abaixo para que possa dar procedimento aos estudos.

<https://drive.google.com/drive/folders/1tte1djhSN3ucb0QP5HdveCc2b4YzfbZq?usp=sharing>

CAPÍTULO 3

APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

Nesta parte ser descrito como será aplicada a atividade levando em conta os passos da ABProb, o número de aulas que serão utilizadas e onde o professor irá utilizar todo o material preparado na primeira parte do produto. Então o professor irá sugerir que os alunos se dividam em grupos entre 5 e 7 alunos para que cada grupo possa investigar uma situação, ficando então, a critério do professor escolher os grupos ou deixar que os alunos formem seus grupos por mais afinidade, sendo importante para desenvolver o caráter colaborativo.

Para dar início a aplicação da ABProb, os passos abaixo listados seguem como indicado pela Maastricht University.

PASSO 1 - DISCUTIR O TEMA

Diante de toda a turma, o professor deverá reproduzir os vídeos, onde assim, poderá ser "discutido o caso", instigando o aluno com perguntas acerca da relação entre a força de atrito e área de contato.

PASSO 2 - IDENTIFICAR PERGUNTAS

Esse passo poderá ser aplicado junto com o primeiro. O professor deverá então, fazer perguntas quanto a relação da área de contato e a força de atrito.

PASSO 3 - BRAINSTORMING

Pesquisar e registrar o que se sabe sobre o problema

PASSO 4 - ANÁLISE DE RESULTADOS NO BRAINSTORMING

Comparar as informações encontradas no passo anterior com o que foi inicialmente pensado. Na literatura sobre física há algumas descrições detalhadas a respeito das leis de atrito, o livro didático pode ser uma fonte que colabore com a pesquisa.

Neste passo, é possível iniciar a análise de dados através de medidas experimentais, portanto, com a ajuda do roteiro de experimentos, o aluno entra em contato com todo aparato experimental para obter medidas e comparar dados encontrados na literatura. O roteiro de experimento se encontra em anexo.

PASSO 5 - DEFINIR TAREFAS E OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O professor deverá ser preparar com antecedência para que nesse passo a análise de vídeo possa ser feita. Então, neste momento ao procurar uma forma de investigar essa situação, o professor como tutor, deve então sugerir uma análise dos vídeos utilizando-se como recurso didático o software Tracker e mostrando que o mesmo daria como resultados informações importantes acerca do problema.

PASSO 6 - ESTUDAR O TEMA.

De posse dos dados, fazer o estudo e responder as perguntas contidas no formulário B proposta pelo professor para direcionar o aluno em busca de uma solução para o problema, por exemplo, qual a aceleração do corpo que desliza sobre o bloco? Isso é importante para determinar o coeficiente de atrito.

PASSO 7 - SINTETIZAR OS RESULTADOS/SOLUÇÕES/REFLEXÕES:

Responder o formulário C, elaborado com perguntas abertas e fechadas acerca da situação problema, garantindo que o aluno não fuja do tema central.

Link do formulário se encontra abaixo:



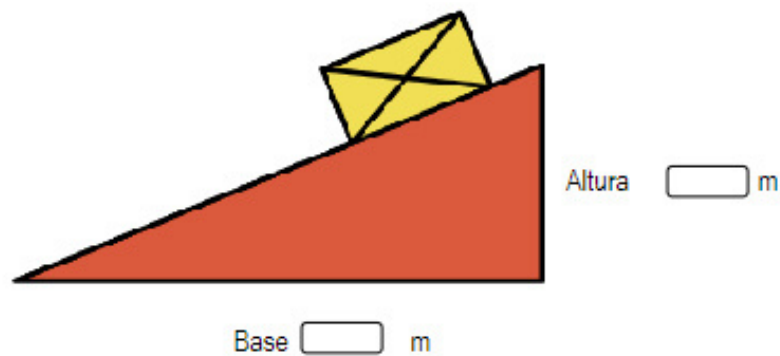
APÊNDICES

ROTEIRO DE EXPERIMENTO

Roteiro de Avaliação da relação área de contato e atrito entre duas superfícies

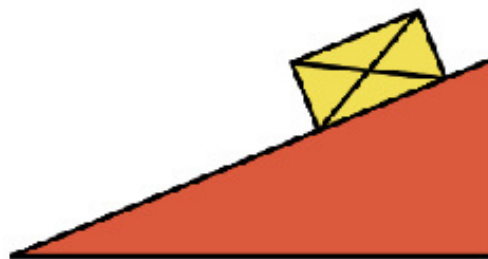
Parte 1 – Medidas e Equações

1 – Determinar as medidas do plano inclinado (em metros);



2 – Determinar o ângulo de inclinação (θ) do plano utilizado;

3 – Fazer o diagrama de forças que atuam no bloco, e indicar o significado de cada força;



4 – A partir do passo anterior, e considerando que o bloco desliza com aceleração "a", escreva a equação para o coeficiente de atrito em função da aceleração.

5 – Determinar as constantes do movimento no plano inclinado considerando os dados anteriores

$\frac{tg(\theta)}{sec\ sec(\theta)}$	
g	

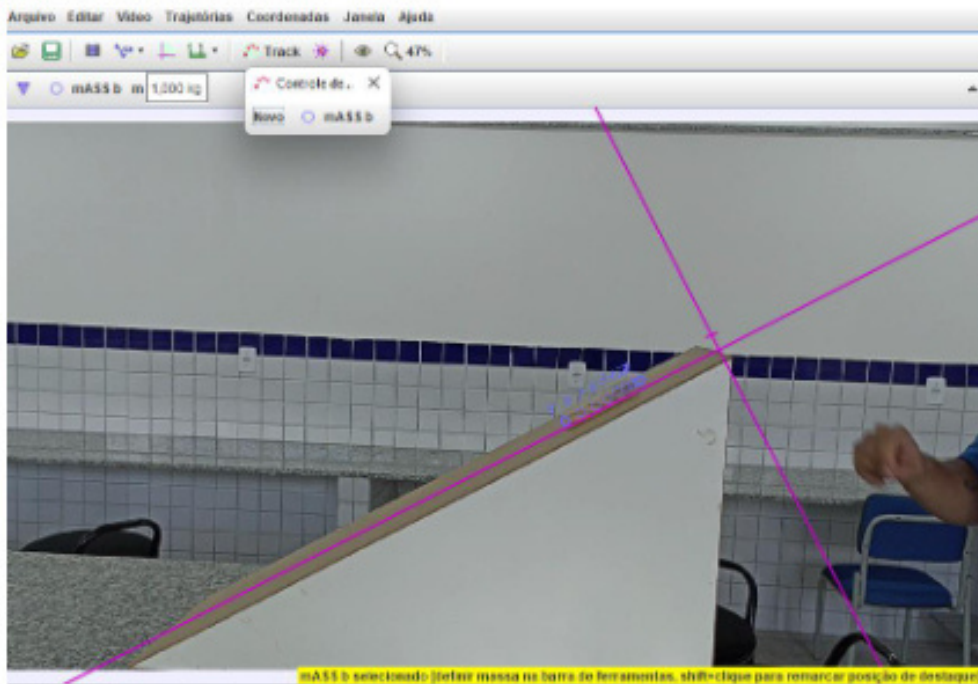
6 – Rescreva a equação do coeficiente de atrito em função dos valores obtidos no passo anterior

Parte 2 – Análise de Vídeo

A tarefa é determinar a aceleração da gravidade e o coeficiente de atrito utilizando o software Tracker como ferramenta de análise de vídeo em duas etapas:

A – Com um objeto deslizando sobre um plano inclinado com máximo de sua área em contato com o plano inclinado

B – Com um objeto deslizando sobre um plano inclinado com o mínimo de sua área de contato com o plano inclinado



ETAPA A

1 - Analisando o gráfico gerado, preencha a tabela com os dados gerados para a curva parabólica ajustada.

$$\Rightarrow At^2 + Bt + C$$

Coefficientes	Valores
A	
B	
C	

2 - Determinar as grandezas físicas analisadas no passo anterior e seus respectivos valores.



Grandezas	Valores

3 - Preencha a tabela abaixo e determine o coeficiente de atrito em cada coluna correspondente, considerando as informações a seguir;

$$\mu = \operatorname{tg}(\theta) - \frac{a \cdot \operatorname{sec} \operatorname{sec}(\theta)}{g}$$

$\operatorname{tg}(\theta) = X$	$\frac{\operatorname{sec} \operatorname{sec}(\theta)}{g} = Y$	a	$\mu = X - aY$

ETAPA B

1 - Analisando o gráfico gerado, preencha a tabela com os dados gerados para a curva parabólica ajustada.

$$\Rightarrow At^2 + Bt + C$$

Coefficientes	Valores
A	
B	
C	

2 - Determinar as grandezas físicas analisadas no passo anterior e seus respectivos valores.



Grandezas	Valores

3 - Preencha a tabela abaixo e determine o coeficiente de atrito em cada coluna correspondente, considerando as informações a seguir;

$$\mu = \operatorname{tg}(\theta) - \frac{a \cdot \sec \sec(\theta)}{g}$$

$\operatorname{tg}(\theta) = X$	$\frac{\sec \sec(\theta)}{g} = Y$	a	$\mu = X - aY$