



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
LICENCIATURA EM FÍSICA**

RAILA LEAL SILVA

**USO DO SOFTWARE TRACKER PARA ESTUDO E ENSINO
DA CINEMÁTICA NO CONTEXTO NO MINI CÂNION NA CIDADE DE
PAQUETÁ-PI.**

**PICOS - PI
2022**

RAILA LEAL SILVA

USO DO *SOFTWARE TRACKER* PARA ESTUDO E ENSINO
DA CINEMÁTICA NO CONTEXTO NO MINI CÂNION NA CIDADE DE
PAQUETÁ-PI.

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Orientador: Prof. Dr. Heleonardo Dantas de Melo
Coorientador: Prof. Me. Jorge Maurício Silva Santos

PICOS - PI
2022

FICHA CATALOGRÁFICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECA
SERVIÇO DE PROCESSOS TÉCNICOS

S586u Silva, Raila Leal

Uso do Software Tracker para estudo e ensino da cinemática
no contexto no mini cânion na cidade de Paquetá-PI / Raila Leal
Silva. — 2022.
61 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em
Licenciatura em Física) — Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Picos, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Heleonardo Dantas de Melo
Coorientador: Prof. Me. Jorge Maurício Silva Santos

1. Física - estudo e ensino. 2. Cinemática. 3. Física - ensino-
aprendizagem. I. Título.

CDD: 530.07

RAILA LEAL SILVA

USO DO *SOFTWARE TRACKER* PARA ESTUDO E ENSINO
DA CINEMÁTICA NO CONTEXTO NO MINI CÂNION NA CIDADE DE
PAQUETÁ-PI.

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Aprovada em: 06 de julho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Heleonardo Dantas de Melo (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Lourenilson Leal de Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Rui Marques Carvalho
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

A Deus dono da vida, a minha mãe que acredita no meu potencial, ao meu cônjuge pelo incentivo e apoio, aos meus irmãos, a Raquel e aos familiares que contribuíram para essa jornada, em especial meu tio Rafael.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, campus Picos pelo acesso ao laboratório de Física para os experimentos-testes e os materiais utilizados no experimento no mini cânion do Paquetá, ao técnico do laboratório Arilson pelo auxílio nos testes. Ao laboratório de matemática do campus por ter cedido o drone e ao professor Josivaldo pelo empréstimo dos materiais esportivos.

A meu orientador Heleonardo Dantas de Melo pela paciência durante o projeto e seus conhecimentos que foram importantes para a construção deste trabalho, como também pela contribuição financeira com os materiais e viagens para a cidade onde desenvolveu as atividades do presente trabalho.

Ao professor Jorge Maurício pelos seus conhecimentos em Física e suas contribuições para este trabalho.

Ao professor de história do campus Rodrigo Gerolineto que nos acompanhou na viagem e auxiliou nos experimentos como também pelos registros fotográficos.

Ao Wilton Alves pelos seus conhecimentos em informática que nos auxiliou com o *software Tracker*.

Meus agradecimentos em especial a Elenilson Leite da Silva, meu cônjuge que me presenteou com um notebook para escrita deste trabalho e esteve ao meu lado desde do início do curso com seus incentivos, apoio e por suportar meus choros principalmente no final de cada período.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.
Paulo Freire

RESUMO

O presente trabalho aborda o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) para o ensino de Física como uma ferramenta facilitadora do ensino e da aprendizagem, e dentre das inúmeras ferramentas disponíveis apontamos o *software Tracker* de vídeo análise para o estudo da Cinemática no primeiro ano do Ensino Médio com o objetivo de abordar queda livre, lançamento vertical, lançamento horizontal e lançamento oblíquo considerando a força de resistência do ar através de gráficos que mostram as características da trajetória, velocidade e tempo de um corpo lançado sob essas condições, fazendo o estudo e comparativo dos resultados com as referências bibliográficas que tratam do tema, a abordagem do conteúdo considerando as forças resistivas através do uso de equações tornam mais difícil para esse nível de ensino pelo uso de cálculos a nível superior. Para isso, foi filmado lançamentos com bolas esportivas, de basquete, de futebol e de tênis no mini cânion do riacho Sucavão na cidade de Paquetá do Piauí para inserir no *software* e realizar análises dos vídeos para obter as variáveis desconhecidas, como a velocidade, tempo e a característica da trajetória das bolas esportivas. A escolha do local como plano de fundo para realizar o experimento foi devido ao contexto histórico que o Sucavão possui para as regiões vizinhas. Além disso, foi desenvolvido uma pesquisa para obter o valor da profundidade do mini cânion que segundo os moradores não possui fim, para essa finalidade como também para medir a parede do cânion usado como referência nas filmagens foi desenvolvido um aparelho que possibilitou melhor obter as medidas. Por fim, foi ministrado uma palestra para os discentes do primeiro período de Física do Instituto Federal campus Picos como um artefato pedagógico para discutir sobre este trabalho e a importância da pesquisa científica.

Palavras-chave: Cinemática; *software Tracker*; mini cânion; ensino/aprendizagem.

ABSTRACT

The present work broaches the use of Information Technologies and Communication (ICTs) for the teaching of Physics as a tool to facilitate teaching and learning, and among the numerous tools available, we indicate the Tracker video analysis software for the study of Kinematics in the first year of High School with the objective of broach free fall, vertical shy, horizontal shy and oblique shy considering the air resistance force through graphs that show the characteristics of the trajectory, speed and time of a body launched under these conditions, making the study and comparison of the results with the bibliographic references that treat of the topic, the approach of the content considering the resistive forces through the use of equations become it more difficult for this level of teaching by the use of calculations at a higher level. For this, launches with sports, basketball, football and tennis balls were filmed in the mini canyon of the Sucavão stream in the city of Paquetá do Piauí to be inserted in the software and to accomplish analysis of the videos to obtain the unknown variables, such as speed, time and the characteristic of the trajectory of sports balls. The choice of location as a background to accomplish out the experiment was due to the historical context that Sucavão has for neighboring regions. In addition, a research was carried out to obtain the value of the depth of the mini canyon that according to the residents has no end, for this purpose as well as to measure the canyon wall used as a reference in the filming, a device that made it possible to better obtain the measurements. Finally, a lecture was given to the students of the first period of Physics at the Institute Federal campus Picos as a pedagogical artifact to discuss this work and the importance of scientific research.

Keywords: Kinematics; Tracker software; mini canyon; teaching/learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Trajetória das bolas esportivas.	43
Gráfico 2 - Velocidade das bolas de basquete e de futebol.	44
Gráfico 3 - Abandono das bolas de basquete e de tênis.	45
Gráfico 4 - Lançamento vertical com a bola de futebol	47
Gráfico 5 - Lançamento horizontal com as três bolas esportivas.	49
Figura 1 - Paredes irregulares do Sucavão.	19
Figura 2 - Aparelho para medir a profundidade	20
Figura 3 - Materiais para os lançamentos	20
Figura 4 - Vista aérea do primeiro poço do Sucavão.	22
Figura 5 - Vista frontal do primeiro poço do Sucavão.	23
Figura 6 - Componentes da velocidade inicial v_0 .	29
Figura 7 - Representação gráfica de variáveis com e sem a resistência de um fluido.	34
Figura 8 - Tela inicial do <i>software Tracker</i> .	39
Figura 9 - Tela inicial do <i>software Tracker</i> com análise de vídeo.	40
Figura 10 - Abandono das bolas sobre o mini cânion.	42
Figura 11 - Análise de um lançamento horizontal no Sucavão.	48
Figura 12 - Tela inicial do <i>software</i> com análise do vídeo do lançamento oblíquo.	50
Figura 13 - Trajetória da bola e o ajuste da parábola pelo <i>software</i> .	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EUA	Estados Unidos da América
g	Gravidade
IF	Instituto Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MU	Movimento Uniforme
MUV	Movimento Uniforme Variado
m	Metros
OSP	<i>Open Source Physics</i>
PVC	Policloreto de Vinila
PI	Piauí
kg	Quilograma
km	Quilômetros
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação

LISTA DE SÍMBOLOS

θ Teta

Δ Delta

e Número de Euler

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	METODOLOGIA	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3. 1	LOCALIZAÇÃO E FORMAÇÃO DO CÂNION	21
3.2	MECÂNICA CINEMÁTICA	24
3.2.1	Queda livre e Lançamento vertical	25
3.2.2	Lançamento horizontal	28
3.2.3	Lançamento oblíquo	29
3.2.4	Lançamento considerando a resistência do ar	329
3.3	TECNOLOGIA E A FÍSICA.....	35
3.3.1	Software Tracker	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5	ARTEFATO PEDAGÓGICO: Exibição dos passos de uma pesquisa e suas implicações pedagógicas.....	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	APÊNDICE – PLANO DA PALESTRA	60

1 INTRODUÇÃO

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no cenário educacional já é uma realidade como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Quando esse recurso é inserido no contexto escolar, vindo a fazer parte do cotidiano do aluno, articulado na consolidação dos conhecimentos ministrados e dialogados em sala de aula, torna-se facilitador do processo educacional, e ao ser contextualizado e interdisciplinar pode colaborar significativamente para facilitar a aprendizagem e compreensão dos fenômenos observados pelos alunos. Além dessas possibilidades, a aplicabilidade das TICs para analisar eventos de forma experimental em laboratórios e/ou salas de aulas podem ocupar um papel central na construção do conhecimento científico, e um olhar analítico sobre a pertinência de seus usos apresenta-se como uma reflexão educacional.

Especificamente dentro do ensino de Física as TICs assumem um importante papel, pois devido a algumas peculiaridades dessa ciência muitos de seus conteúdos apresentam conceitos e fenômenos “abstratos”¹ sendo necessárias construções de algumas condições iniciais e a formatação de “casos ideais”² para melhorar a compreensão e interpretação dos fenômenos estudados, bem como através da linguagem matemática aplicada em seu entendimento. Em termos práticos, isso implica na necessidade de utilizar ferramentas que facilitam a construção e observação dos resultados dos fenômenos em análise para melhor compreensão, pois a não observação pode dificultar a aprendizagem do referido fenômeno. Para as turmas nas quais a Física está sendo introduzida, como as do Ensino Médio e principalmente nos primeiros anos, essas aproximações podem dificultar o entendimento de alguns casos em estudo, e desvincular a relação entre os resultados dos cálculos e o fenômeno na realidade no entendimento do aluno. O ensino da Cinemática, por exemplo, ao não considerar a resistência do ar nos estudos e cálculos sobre os movimentos dos corpos faz uso de abstração de casos em que atua apenas

¹ “Que não tem existência real, algo que é impreciso, indeterminado, vago” (DIAZ E TALAVERA, 2008, p. 4).

² Na Física, são estudos que obedecem a uma lei que sob condições reais não é possível. “Aquilo que se tem como modelo” (DIAZ E TALAVERA, 2008, p. 213).

a gravidade, condição de vácuo, assim os alunos não terão como observar, nesse momento de suas vidas acadêmica, o fenômeno com a presença dos fatores que foram desconsiderados, ficando sem possibilidades da observação do fenômeno acontecendo na realidade, e comparar entre essas duas formas como o fenômeno é apresentado e analisado. Quando se tenta inserir as condições anteriormente desprezadas acaba-se implicando em cálculos não condizentes com o conteúdo de nível educacional, o ensino médio, pois para isso surge a necessidade de artifícios matemáticos vistos apenas a nível superior como as derivadas e integrais.

No exemplo citado acima, o estudo da Cinemática, a abordagem de forças resistivas é de grande importância, uma vez que nos fenômenos presentes no cotidiano, como uma partida de futebol ou de basquete, queda de um corpo sobre uma mesa, carros em movimento, paraquedismo, enfim inúmeros exemplos de corpos em movimento ao nosso redor, nos quais esses movimentos acontecem de forma natural, não idealizado, ocorrem sofre influência das forças resistivas. Deste modo para um melhor entendimento inicial desses fenômenos é preciso introduzir de forma simplificada, nas séries introdutórias da Física, os fenômenos como ocorrem na realidade, e para esse objetivo, para abordar alguns fenômenos físicos, o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação apresentam-se como uma proposta promissora, devendo as TICs serem aplicada e analisadas criticamente sob esse objetivo, sendo este um dos objetivos deste trabalho.

Portanto, visando colaborar com esse objetivo o trabalho que a frente se apresenta aplicou e analisou o uso do *software Tracker*, um aplicativo de análise de vídeo que permite analisar corpos em movimentos por meio da construção de gráficos e tabelas, descrever trajetórias, analisar a velocidade e o tempo de movimentos, entre outros parâmetros por meio da análise de *frames* dos vídeos desses movimentos alocados no aplicativo. Portanto, o *Tracker* foi usado neste trabalho como ferramenta de TICs para o Ensino de Física. O tema escolhido para a abordagem como auxílio do aplicativo foi a Cinemática com os assuntos: Queda Livre, Lançamento Vertical, Horizontal e Oblíquo, os quais são ministrados para turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Tanto o tema como o nível escolar foram escolhidos por não visualizar os fenômenos e seus parâmetros ocorrendo com forças resistivas como na realidade. O segundo objetivo do trabalho foi construir um artefato pedagógico, desenhado em forma de palestra apresentando as vantagens, dificuldades, possibilidades do uso da tecnologia de informação e comunicação analisadas neste trabalho, bem como

apresentar toda a metodologia utilizada. A palestra foi aplicada para alunos dos primeiros períodos do curso de licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), no Campus de Picos.

A alimentação do referido aplicativo foi realizada por vídeos, os quais foram produzidos por aparelhos celulares, equipamentos muito populares e fáceis de serem acessados e manuseados, de lançamentos das bolas esportivas: bolas de basquete, futebol e tênis. Os vídeos foram importados para o *software Tracker* e suas funcionalidades foram usadas para produzir interpretações, calcular trajetórias, construir gráficos e tabelas das variáveis e dos dados produzidos durante os lançamentos, como a velocidade, tempo de lançamento e trajetória.

Os referidos lançamentos foram realizados no mini cânion do Sucavão na cidade de Paquetá do Piauí. A escolha deste local visava utilizar o seu valor histórico e cultural como forma de contextualizar os lançamentos a um local importante da região, nosso terceiro objetivo, bem como conciliar os fenômenos físicos a uma estrutura histórico/geográfica real que funcionasse como atrativo ao tema estudado, articulando nossos experimentos a riqueza histórica e a representatividade cultural do Sucavão, o qual, guarda muitas histórias e mistérios, sendo um desses, o valor de sua profundidade que segundo os relatos dos moradores locais o riacho localizado dentro do cânion não possui fim, assim através de um aparelho construído de baixo custo visou verificar a profundidade e com isso obtivemos resultados acerca dessa afirmação.

2 METODOLOGIA

O presente estudo teve início com uma revisão bibliográfica sobre os temas: TICs, Cinemática, Educação, Sucavão e *software Tracker*, sendo estes os principais assuntos estudados, ocorrendo a necessidade de estudos secundários como: formação de cânions, história da cidade na qual está localizado o Sucavão entre outros pontos "tangenciais" de interesses que surgiam durante a pesquisa. Ocorreu também a necessidade de experimentos laboratoriais e de campo sobre os lançamentos que foram estudados, bem como uma pesquisa de campo para coleta de informações sobre o local para uma contextualização do trabalho.

Para primeiros trabalhos de natureza científica, principalmente em nível de Licenciatura, se constitui como parte importante do aprender e do fazer científico o estudo de trabalhos acadêmicos que versem sobre os temas que serão futuramente abordados. A leitura de trabalhos publicados com o sentido de revisão bibliográfica serve a esse propósito, sendo o passo inicial de pesquisa. Portanto, colaboramos com o entendimento de que “Através da pesquisa bibliográfica o pesquisador faz o levantamento de informações que sejam relevantes na construção da pesquisa científica”. (SOUSA, OLIVEIRA E ALVES, 2021. p. 68), e também concordamos com Krainski e Mayer (2021) quando indica esse tipo de revisão como indispensável à pesquisa científica.

Após a realização da primeira parte da revisão bibliográfica, pois a mesma foi contínua durante a pesquisa, foram desenhadas e planejadas as partes práticas do trabalho que se constituíam basicamente dos lançamentos das bolas esportivas e a filmagem destes lançamentos, para análises da trajetória no *Tracker* e construção de gráficos, como será demonstrado a frente. Os primeiros experimentos práticos foram realizados no Laboratório do IFPI campus Picos e posteriormente no mini cânion Sucavão na cidade de Paquetá-PI. Os resultados alcançados constituíram os dados analisados e estão dispostos no corpo deste trabalho, sendo articulados e discutidos juntos aos referenciais que discorrem sobre o tema para assim comporem nossas análises qualitativas e após os lançamentos, análises e discussão dos resultados foi ministrada uma palestra para os discentes do primeiro período de Física do IFPI - Picos como artefato pedagógico do nosso trabalho. O objetivo dessa palestra foi o de demonstrar para os alunos os entendimentos que tivemos durante a pesquisa sobre o uso de TICs no ensino da Física e especificamente dos resultados alcançados com

o *Tracker* como ferramenta TIC auxiliar no ensino dos seguintes assuntos selecionados: Queda Livre, Lançamento Vertical, Lançamento Horizontal e Oblíquo.

Portanto, o arcabouço teórico do nosso trabalho está projetado em dois pares os quais "orbitam" o entendimento e ensino de alguns fenômenos físicos presentes nos três lançamentos descritos acima, os quais foram explicados por meio de cálculos, com o auxílio do *Tracker*, sendo possível dessa forma a construção de uma ferramenta pedagógica que possa repassar os ganhos educacionais e os limites que foram construídos durante nossa pesquisa, portanto esses dois pares são: entendimento/ensino com auxílio de TIC e ganhos/limites no ensino da Física com auxílio de TIC, e esses pares nos conduziram por um trabalho de natureza tanto qualitativa quanto quantitativa.

Com isso, a estrutura metodológica inclui a busca do entendimento dos tipos de pesquisas que estamos desenvolvendo. Durante a revisão bibliográfica com base em Panasiewicz e Baptista (2013), fixamos as definições da natureza da pesquisa qualitativa e quantitativa e o entendimento da natureza distintas destes conceitos para este trabalho. Deste modo foi possível determinar que a parte quantitativa da pesquisa diz respeito a utilização da matemática, dos cálculos físicos envolvendo os lançamentos para expressar os resultados obtidos na investigação, sendo a parte qualitativa referente às interpretações e compreensão dos fenômenos e dos resultados matemáticos e físicos encontrados, no entendimento de como o aplicativo *Tracker* poderia contribuir para a compreensão dos fenômenos estudados e a utilização dos resultados e das interpretações para a montagem de um artefato pedagógico que pudesse colaborar para a aprendizagem dos temas abordados.

Após as diretrizes iniciais serem construídas foi posta em prática a execução dos experimentos necessários. Os primeiros, como dito anteriormente, ocorreram no laboratório de Física do IFPI no Campus de Picos, sendo os lançamentos realizados e vídeos produzidos dos mesmos para serem analisados no *software*, sendo o principal objetivo destes primeiros lançamentos e filmagens a aprendizagem do uso e manuseio do *Tracker*. Para este fim foram utilizados uma esfera de ferro, uma bola de basquete, uma bola de futebol e uma de tênis. Antes dos lançamentos foram conhecidas as massas dos objetos com a utilização de uma balança digital de precisão, a altura e o alcance de onde foram lançados com auxílio de uma trena. Os movimentos realizados foram de queda livre, lançamento horizontal e oblíquo. Após a

filmagem, os vídeos foram importados para o software *Tracker* para análise e cálculo das variáveis como o tempo, velocidade e a trajetória.

No primeiro experimento foi usado uma esfera de ferro de 66,7 g lançada sob uma mesa de uma altura de 0,74 metros em lançamento horizontal. Ao realizar a análise do vídeo do lançamento no aplicativo *Tracker* foi observada clara discrepância nos resultados apresentados pelo software no que se refere ao comportamento comum dos corpos em queda livre. A inconsistências ocorreu no resultado da velocidade na componente vertical (eixo Y), pois a visualização do gráfico produzido pelo programa apresentava variações bruscas da velocidade durante a trajetória, quanto o esperado teórico de queda livre é de velocidade crescente até atingir o solo.

Ao deparar sobre as informações inconsistentes foi possível verificar que a incongruência foi produzida pela forma da alimentação de algumas informações necessárias para que o programa possa "analisar" o vídeo, como os eixos das coordenadas e a marcação do centro de massa que identificam a trajetória do corpo em movimento, como essas informações são inseridas manualmente no *software* percebeu-se que elas influenciam nos resultados, podendo facilmente provocar erros nos resultados apontados pelo *Tracker*. O outro fator, gerador do erro referente a velocidade do objeto, foi a escolha do corpo a ser lançado, este era uma esfera que se mostrou pequena para as análises, o que foi somada a velocidade resultante do lançamento o que acarretou uma queda rápida e assim um vídeo curto, e mesmo com análise de quadro a quadro e aproximação por meio de zoom no vídeo não foi possível marcar o centro de massa nem próximo a exatidão pelo desfoque produzido nas imagens nessa tentativa. A soma destes fatores provocou os resultados incoerentes apresentados pelo aplicativo quanto a velocidade do objeto, já indicando a necessidade de bastante cuidado ao alimentar informações ao sistema, de testes anteriores especificamente para calibração do aplicativo, sendo também indicado a necessidade de cálculos manuais nos primeiros testes para verificar, por meio de comparação os resultados apresentados no programa, a verossimilhança dos resultados.

Assim foi possível indicar as primeiras ressalvas e orientações quanto o uso do *Tracker* como TIC: seu uso pedagógico deve ser feito após o domínio das funções básicas de seu funcionamento, testes anteriores, verificação da calibragem, conferência dos primeiros resultados apresentados pelo programa por meio de cálculos manuais. Caso essas orientações não sejam seguidas surge o risco da perda

das funções de aprendizagem do *software* pois este não apresentará resultados condizentes com os fenômenos estudados, e a comparação feita com os cálculos manuais para introduzir considerações no experimento perdem o sentido, prejudicando seu uso como ferramenta pedagógica no sentido indicado neste trabalho.

Após esses primeiros resultados falhos foram realizados novos testes no laboratório, desta vez com as bolas de basquete, futebol e tênis, pois as mesmas tinham diâmetros bem maiores que a esfera do primeiro teste, possibilitando a correção dos erros apresentados no primeiro experimento. Com esses objetos maiores foi possível obter dados qualitativos condizentes com o esperado na teoria para o comportamento dos corpos para os tipos de lançamentos realizados, porém ainda obtivemos valores numéricos imprecisos quando comparamos os resultados obtidos pelo *Tracker* com os que fazíamos manualmente, como exemplo: os valores encontrados para a velocidade média dos lançamentos. Após algumas manipulações dos vídeos obtendo resultados diferentes foi percebido que as imprecisões eram originadas das necessidades específicas de calibração do aplicativo, como referencial de distância e sua colocação no vídeo e no programa, e mais uma vez, posição do ponto de massa introduzido *frame a frame*.

Corrigidos esses detalhes, e melhorado sua calibração, o *software* foi utilizado para determinar a trajetória dos objetos, o deslocamento, a velocidade, produção de tabela e gráficos, sendo realizadas várias análises para refinar a calibração, contudo, ficou claro que os resultados obtidos não apresentam valores precisos, mesmo depois de várias calibrações. Com essas ressalvas realizamos as análises qualitativas dos dados obtidos com base no referencial teórico que aborda as características e comportamento do movimento dos objetos durante os lançamentos.

Após os testes no laboratório, demonstraram que objetos maiores apresentam a possibilidade de diminuir as discrepâncias nos resultados, por facilitar a marcação do centro de massa, nos dirigimos no dia 14 de maio de 2022 ao Sucavão para realizar os lançamentos externos com as mesmas três esferas esportivas utilizadas para os experimentos em laboratório. O experimento externo foi filmado por um celular *Redmi Note 8* com câmera de resolução de 48 *Mega Pixels* sendo os vídeos posteriormente importados para o software *Tracker* para análise dos movimentos. Para o lançamento horizontal as esferas foram lançadas uma de cada vez sob o mini cânion em direção a água, para a queda dos corpos foram abandonadas as bolas de basquete e de

futebol juntas assim pretendemos observar a queda de corpos com geometria iguais e massa diferentes sob a ação da resistência do ar. Na parte de baixo do cânion realizamos o lançamento vertical e oblíquo. Todos os lançamentos tiveram como referência, para a calibração do programa, uma altura predeterminada a qual medimos anteriormente usando umas das paredes do cânion como referência, sendo necessária a construção de um aparelho que pudesse ser usado para esse fim, visto que as referidas paredes apresentam formatos irregulares.

Figura 1 - Paredes irregulares do Sucavão.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para a construção do aparelho foram usados materiais acessíveis de baixo custo: uma bucha de cobre com massa igual a 99,7g, fio de *nylon* com 100 metros, um tubo de PVC³ com 45 cm, duas buchas de redução também de PVC de $\frac{3}{4}$ para $\frac{1}{2}$, seringa descartável e uma trena de 5 m. Para fixar essa aparelhagem foi usado um dos suportes encontrado no Laboratório de Física. Para a montagem do equipamento a seringa, sem o êmbolo, foi fixada no centro do tubo de PVC para deste modo servir de conector entre o tubo e o suporte, nas extremidades foram inseridas as buchas de redução, para proporcionar mais estabilidade ao fio de *nylon* que foi inserido no tubo tendo em uma das extremidades a bucha de cobre que serviu de peso produzindo tensão ao fio. O equipamento foi conduzido ao ponto demarcado em

³ Policloreto de Vinila (PVC), material usado principalmente na fabricação de tubos hídricos.

uma das paredes do mini cânion e a bucha de cobre descida até tocar o espelho d'água, que estava em repouso, sem ondulações, sendo feita posteriormente a medida por meio de uma trena do tamanho do fio de *nylon* necessário para fazer o percurso da parte demarcada na parede até o espelho d'água, deste modo obtemos a altura de referência para os testes. O mesmo aparelho também foi usado para medir a profundidade, sendo realizadas várias medições em posições diferentes, observando-se as melhores condições de apoio e possíveis interferência nos resultados, como a distância entre a altura do equipamento aos pontos de referências na parede, objetivando obter sempre a melhor precisão de medida. Abaixo apresentamos as imagens do aparelho e das bolas esportivas usadas nos lançamentos.

Figura 2 - Aparelho para medir a profundidade



Fonte: autoria própria, 2022.

Figura 3 - Materiais para os lançamentos



Fonte: autoria própria, 2022.

Deste modo estava pronta nossa estrutura metodológica para a realização dos testes, medição de alturas das paredes e profundidades do cânion, filmagem dos lançamentos, manipulação dos vídeos no *Tracker* e análise dos resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção está dividida em subtópicos que apresentam a localização geográfica do mini cânion e apontamentos históricos sobre a cidade de Paquetá do Piauí, os cânions brasileiros mais famosos e como são formados. Posteriormente, introduzimos os conceitos físicos do estudo da cinemática no qual apontamos definições com base em referências bibliográficas de queda livre, lançamento vertical, horizontal e oblíquo sob efeito apenas da gravidade para estudos mais simplificados e depois a comparação desses estudos considerando as forças resistivas e por último relacionar as TICs com o ensino de Física destacando o uso do software *Tracker* de vídeo análise.

3. 1 LOCALIZAÇÃO E FORMAÇÃO DO CÂNION

O mini cânion, Riacho do Sucavão está localizado na cidade de Paquetá do Piauí, situada a 302 Km de Teresina (capital) e a 39 Km de Picos, maior cidade vizinha, e faz limite com os municípios de Dom Expedito Lopes, Santa Cruz do Piauí e Canavieira. Com extensão territorial de 432,572 Km² e densidade demográfica de 9,25 habitantes por Km², de acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017) a cidade contava com 4.147 habitantes, sendo gentílico o "Paquetaense". A localização geográfica é dada pelas coordenadas: Latitude: 7° 6' 38" Sul, Longitude: 41° 41' 50" Oeste e a 324 m de altitude.

Como inúmeros municípios do Piauí, Paquetá teve sua origem como povoado após a construção da capela, no caso específico a construção religiosa foi em homenagem à Nossa Senhora do Perpétuo Socorro. Com o transcorrer do tempo ocorreu a concentração do comércio da região no povoado e a intensificação de moradias no local. Com a expansão do povoado e o difícil acesso ao município ao qual Paquetá pertenciam, Picos, os moradores observaram a necessidade de titular o povoado como cidade, assim de acordo com IBGE (2017), Paquetá passou a ser denominada município pela lei Estadual nº 4680 de 26 de janeiro de 1994. No agora município de Paquetá encontra-se, além do Riacho Sucavão, outros pontos turísticos como a igreja de Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, datada de 1937, Balneário Francisco Henrique de Holanda, a Haras Tamarindos, local de eventos

durante a festa do vaqueiro e o quilombo Custaneira situado a 8 km da cidade. Segundo Sousa *et al* (2020), a população dessa comunidade quilombola é totalmente descendente de negros escravizados, possuindo práticas religiosas ligadas a cultos oriundos da África do Sul, sendo a comunidade formada após a chegada dos negros libertados que fixaram morada em terras que, na época, não eram ocupadas, e mantendo assim essa comunidade as tradições e cultura de seus ancestrais.

Após se fixarem na região, essa comunidade negra terá sua história também vinculada ao Riacho Sucavão, pois segundo relatos dos moradores, na época foi um local de execução e suicídio de escravos, e por isso esse lugar, além da beleza natural, guarda mistérios e histórias dos ancestrais dessa comunidade daquela região. Atualmente o Sucavão é um ponto turístico que foi denominado como mini cânion devido suas características geofísicas, suas dimensões e estrutura formada por rochas e vales extensos que chamam atenção de banhistas pela paisagem natural.

Figura 4 - Vista aérea do primeiro poço do Sucavão.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Os cânions são encontrados em vários continentes e suas formações são bem complexas, variando de uma região para outra conforme as condições climáticas e o tipo do solo, mas de forma geral são formações geológicas produzidas ao longo de milhões de anos e que possuem como característica comum a passagem de rio, água de forma geral, que causa a erosão do solo. De acordo com Santos 2021, cânions são formados ao longo do tempo geológico por ações de drenagens nas rochas formando

profundos vales, sendo Godoy, Binotto e Wildner (2012) mais específicos quanto esse tipo de formação:

Fator preponderante no desenvolvimento dos cânions é o tectônico, onde a orientação dos principais cânions coincide com as principais direções de fraturas existentes nas rochas vulcânicas da região. Como estas feições geológicas são zonas de fraqueza, onde existe uma maior percolação de água, normalmente controlam a localização dos cursos de água e facilitam a erosão vertical, admite-se que estas fendas tenham exercido um importante papel na formação e localização destas estruturas (GODOY, BINOTTO e WILDNER, 2012, p. 468).

Figura 5 - Vista frontal do primeiro poço do Sucavão.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Essas estruturas naturais acabam por atrair turistas e pesquisadores, que buscam observar suas belezas e características particulares. No Brasil entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina encontra-se a maior concentração de cânions do país, e que deu origem a dois parques nacionais, Parque Nacional dos Aparados da Serra, que abriga o cânion do Itaimbezinho, o mais visitado da região, e o Parque Nacional da Serra Geral, onde localiza-se o cânion Fortaleza. Já no Nordeste, de acordo com Sampaio (2017), temos o Cânion de Xingó, no estado de Sergipe, sendo este o quinto maior cânion navegável do mundo e ainda segundo Mendes e Kuczach (2007) apud Lange (1994), o sexto maior Cânion do mundo em extensão também se encontra no Brasil, o Cânion do Guartelá no estado do Paraná.

Especificamente o "mini" cânion do Sucavão possui características particulares que intrigam os moradores locais, o que gera falas e histórias: o primeiro poço, o qual constitui o "pano de fundo" para os nossos lançamentos, nunca teria secado e não

possuiria o valor da profundidade determinada, sendo comum os moradores afirmarem, como nos foi dito por algumas pessoas, que esse poço "não teria fim". Contudo, essa afirmação é baseada no fato de alguns banhistas não terem conseguido mergulhar até sentir o solo abaixo da água, esse insucesso pode, por hipótese, ser atribuído a pressão exercida à medida que aumenta a profundidade, pelas irregularidades das rochas que formam o riacho, pela variação da profundidade conforme os períodos chuvosos e o fluxo de água no local que pode aterrar ou escavar o poço; pelo medo de se mergulhar em águas escuras com profundidade e estruturas desconhecidas, havendo também relatos de ocorrência fatal na tentativa de um mergulho^{4 5}. Deste modo, utilizando o aparelho descrito na metodologia aproveitamos a oportunidade para verificar a premissa de que o mini cânion não possui profundidade.

3.2 MECÂNICA CINEMÁTICA

Podemos entender a Física como "... a ciência que procura compreender e descrever as leis que regem o comportamento da natureza". (CARRADI, *et al*, 2010, p. 24). E para facilitar o estudo, essa ciência é subdividida em diversos ramos, como a Mecânica, Termologia, Óptica entre outras divisões, cada área estuda os fenômenos de sua natureza, a Mecânica por exemplo está relacionado aos movimentos dos corpos, Zavale e Novele (s/d). Dentro dessas divisões possui outras subdivisões, por exemplo na Mecânica, a parte que estuda os movimentos dos corpos sem se preocupar com suas causas é denominada cinemática segundo Young e Freedman (2008). Dentro dessa separação didática, para o estudo dessa ciência, observa-se características peculiares construídas para facilitarem o entendimento de seus objetos de estudos, dentro da cinemática, especificamente, observamos que "Essa área de estudos da Física leva em conta apenas as relações existentes entre o espaço – cenário dos acontecimentos (lugar) - e o tempo – ritmo dos acontecimentos (duração)" (MUNIZ E CASTRILLO, 2013, p. 34). Encontramos ainda uma maior especificação de acordo com Palandi *et al* (2010), reforçando-se que a cinemática busca descrever a trajetória dos corpos no espaço como retas ou curvas. Assim, dentro destas

⁴ <https://180graus.com/noticias/jovem-morre-afogado-no-riacho-sucavao>

⁵ <https://grandepicos.com.br/2020/06/12/corpo-e-encontrado-apos-desaparecer-em-mergulho-no-riacho-sucavao/>

especificidades, neste trabalho, vamos abordar sobre o estudo da cinemática por meio dos lançamentos horizontal, vertical, oblíquo e queda livre, identificando trajetórias, velocidades, deslocamentos, tempos e utilizar a dinâmica apenas para apontar forças resistivas atuantes nos corpos durante lançamentos quando considera a resistência do ar, usando para este fim a ferramenta TIC descrita na metodologia, identificando as vantagens e desvantagens de seu uso para a aplicação pedagógica do ensino de Física.

3.2.1 Queda livre e Lançamento vertical

Para entendermos inicialmente os fenômenos envolvidos na queda ou no lançamento de um objeto na superfície da Terra um dos procedimentos iniciais comumente usados é desprezar as forças resistivas e colocar o fenômeno na condição de vácuo, concluindo/demonstrando assim que todos os corpos abandonados com velocidade inicial igual a zero, independente da massa e com dimensões desprezíveis, chegam ao solo em tempos iguais, chamando-se esse fenômeno de queda livre, Hewitt (2011). “Todo corpo em queda livre, próximo a superfície da Terra, tem aceleração constante, denominada aceleração da gravidade, cujo módulo é representado por g ” (CALÇADA E SAMPAIO, 1998, p. 89). É consenso para muitos autores apontarem o valor da aceleração da gravidade a uma latitude de 45° e ao nível do mar em: $g = 9,80655 \text{ m/s}^2$. Portanto, o movimento de queda livre é unidimensional e uniformemente acelerado exclusivamente pela ação da gravidade, em outras palavras a velocidade varia de forma constante ao longo do tempo, descrevendo o movimento uniforme variado (MUV). Neste caso, com essas considerações, as equações para descrever a velocidade e o tempo do objeto depende somente do valor da aceleração que é sempre igual a g e da altura que foi abandonado.

Porém, na realidade para objetos abandonados verticalmente no ar, surge uma força na mesma direção e sentido contrário à de sua velocidade chamado de resistência do ar ou força de arraste, a qual na prática interferem nas condições de queda livre, assim se dois objetos diferentes forem soltos na mesma altura e no mesmo instante, chegam ao solo em tempos diferentes, pois essa força se opõe ao movimento dos objetos de forma diferente conforme suas massas e formatos. Nesse

exemplo, as equações dependem de mais variáveis e cálculos que são abordados no nível superior. Para a abordagem no ensino médio é sempre ministrado o conteúdo desconsiderando essas forças dissipativas, objetivando auxiliar no entendimento conceitual e para efetivação de cálculos mais simples. No entanto, esse trabalho aponta uma proposta didática que permite trabalhar no Ensino Médio a interpretação conceitual de forma qualitativa, ou mais abrangente, nesse caso sem a necessidade de acréscimos de cálculos mais complexos, exibindo apenas os resultados mais próximos do cotidiano, exibindo o fenômeno sem e com o desprezo das forças resistivas, por meio da filmagem, exibição de lançamentos no ar livre e análises destes na ferramenta TIC usada nesta pesquisa, o aplicativo *Tracker*.

Análogo a queda livre, temos os lançamentos verticais que também são estudados desprezando a resistência do ar. O que difere esses dois movimentos é o fato de que na queda livre o corpo é abandonado, enquanto no outro como o nome sugere, são lançados, no entanto, os princípios físicos apresentam algumas similaridades. No lançamento vertical, o objeto possui velocidade inicial diferente de zero mais com aceleração constante e igual g descrevendo o movimento uniforme variado (MUV), ou seja, a velocidade varia uniformemente com o tempo e a aceleração é constante diferente de zero, Nussenzveig (2002). Quando lançado para cima, em referência ao solo, sua velocidade diminui até zerar no ponto mais alto do movimento quando mudará de sentido, sendo antes desta mudança o movimento de subida retardado, após a mudança de sentido o movimento será de descida e acelerado, Luz e Álvares (2005).

Para descrever esse lançamento por expressões matemáticas é preciso considerar a orientação da velocidade para cima (subida) e para baixo (descida), sendo importante definir a orientação para os sinais nas equações, positivo ou negativo para as interpretações físicas. Assim faz-se a orientação da trajetória para cima (subindo), com a velocidade do objeto sendo positiva e a aceleração da gravidade g tendo sentido contrário é negativo. Ao orientar a trajetória para baixo (descida) a velocidade e a aceleração são positivas, Ramalho, Ferraro e Soares (2007). Porém, “não importa se uma partícula está se movendo para cima ou para baixo, o sentido de sua aceleração sob a influência da gravidade da Terra é sempre para baixo”. (RESNICK, HALLIDAY E KRANE, 2013, p. 31). No entanto, considerando uma orientação para a trajetória é preciso fazer analogias aos sinais da aceleração e

da velocidade, assim, as equações que descrevem o movimento vertical de um objeto quando está subindo, possuem sinal negativo:

Equação horária da posição:

$$h = h_0 + v_0 \cdot t - \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad (1)$$

Função horária da velocidade:

$$v = v_0 - g \cdot t \quad (2)$$

Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta h \quad (3)$$

Para o objeto que possui orientação para baixo, as equações ficam com sinal positivo, pois a aceleração é positiva.

Equação horária da posição:

$$h = h_0 + v_0 \cdot t + \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad (4)$$

Função horária da velocidade:

$$v = v_0 + g \cdot t \quad (5)$$

Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta h \quad (6)$$

Essas equações que representam a orientação "para baixo", com sinal positivo, também são utilizadas para queda livre, porém devemos sempre lembrarmos que nesse caso a velocidade inicial é igual a zero e, portanto, as equações possuem uma nova característica. Para determinar o tempo de subida do objeto no lançamento vertical, vamos partir da equação horária da velocidade no qual $v = 0$ na altura máxima, isolando t encontramos a equação dada abaixo:

Tempo de subida:

$$t = \frac{v_{0y}}{g} \quad (7)$$

Note que, o tempo não depende da massa do objeto, apenas da velocidade inicial na componente Y e da ação da gravidade, assim qualquer objeto independente de sua massa sob as mesmas condições levaria o mesmo tempo para subir. Além disso, o tempo de queda é o mesmo tempo de subida, assim para saber o tempo total do lançamento basta multiplicar por dois o tempo gasto na subida.

E para encontrar a altura máxima atingida pelo objeto utiliza-se da equação expressa abaixo:

Altura máxima:

$$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g} \quad (8)$$

Nota-se que quando o objeto atinge a altura máxima $v = 0$, a partir desse ponto, o objeto muda de orientação e cai com movimento idêntico a de queda livre e por isso a altura máxima será dada pela velocidade inicial ao quadrado por duas vezes a gravidade.

3.2.2 Lançamento horizontal

Definido o lançamento vertical dado na componente OY , vamos agora entender o lançamento horizontal na componente OX . Neste lançamento, o movimento descrito pelo corpo é Movimento Uniforme (MU). Nesse movimento a velocidade do objeto durante a trajetória é constante e diferente de zero, realiza deslocamento iguais em intervalos de tempo iguais, Doca, Biscuola e Bôas (2016).

Em um lançamento na horizontal, o ângulo θ formado é nulo, possui velocidade inicial v_0 não nula, arremessado a uma certa altura h , sua trajetória é uma curva voltada para baixo até atingir a superfície, nesse caso a velocidade inicial v_{0y} na vertical é nula e aumenta devido a força gravitacional, Yamamoto e Fuke (2016). Usando expressões matemáticas para descrever a velocidade do objeto lançado horizontalmente temos:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta \quad (9)$$

Como $\theta = 0$ a expressão apresenta-se:

$$v_{0x} = v_0 \quad (10)$$

Para a velocidade na vertical v_{0y}

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \theta \quad (11)$$

$$v_{0y} = 0 \quad (12)$$

Pela função horária do MU, a posição será dada por:

$$x = v_{0x} \cdot t \quad (13)$$

Na vertical é MUV, logo:

$$y = \frac{gt^2}{2} \quad (14)$$

Isolando t na equação do MU e substituindo na equação do MUV, obtemos a equação da trajetória y em função de x Souza (2020).

$$y = \frac{g}{2 v_0^2} \cdot x^2 \quad (15)$$

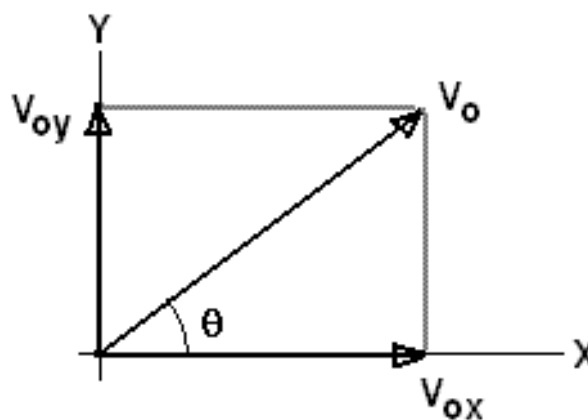
Por essa equação podemos notar que a trajetória do objeto nesse lançamento depende das duas componentes de forma simultâneas e dependentes.

3.2.3 Lançamento oblíquo

O lançamento de um projétil que realiza um movimento nas duas componentes x e y simultaneamente e independentes, formando uma trajetória parabólica é denominado lançamento oblíquo. Projétil é qualquer objeto que realiza um percurso por sua própria inércia, Hewitt (2011). Durante esse lançamento o projétil realiza um movimento bidimensional, em que o deslocamento e a velocidade mudam continuamente, mas a aceleração nunca muda, é constante e orientada para baixo, Halliday e Resnick (2012). Para entender porque esse movimento é definido como uma trajetória parabólica, vamos utilizar métodos matemáticos para a demonstração.

Considerada a velocidade inicial v_0 do movimento que faz com a horizontal um ângulo θ , chamado de ângulo de tiro, é decomposta em uma velocidade inicial com a componente v_{0y} e velocidade inicial com a componente v_{0x} , fazendo a decomposição pelo triângulo retângulo como ilustra a figura, obtemos as velocidades para cada componente.

Figura 6 - Componentes da velocidade inicial v_0 .



Fonte: portal do professor, 2022.

$$\text{sen } \theta = \frac{v_{0y}}{v_0}, \text{ portanto } v_{0y} = v_0 \text{ sen } \theta \quad (16)$$

$$\cos \theta = \frac{v_{0x}}{v_0}, \text{ portanto } v_{0x} = v_0 \cos \theta \quad (17)$$

Quando um objeto qualquer é lançado nas duas componentes, no instante t , o objeto possui deslocamentos x e y , Tipler e Mosca (2013), dados por:

$$x(t) = x_0 + v_{0x} \cdot t \quad (18)$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (19)$$

Para obtermos a equação geral para a trajetória $y(t)$ do projétil, considera-se que $x_0 = 0$ e $y_0 = 0$, isolando t na primeira equação e substituindo na segunda equação temos:

$$t = \frac{x}{v_{0x}} \quad (20)$$

$$y(t) = v_{0y} \cdot \left(\frac{x}{v_{0x}}\right) - \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{x}{v_{0x}}\right)^2 \quad (21)$$

$$y(t) = \left(\frac{v_{0y}}{v_{0x}}\right)x - \left(\frac{g}{2v_{0x}^2}\right)x^2 \quad (22)$$

Sabendo que: $v_{0y} = v_0 \theta$ e $v_{0x} = v_0 \cos \theta$, substituindo na equação, temos,

$$y(t) = \frac{v_0 \theta}{v_0 \cos \theta} \cdot x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta}\right)x^2 \quad (23)$$

$$y(t) = (\tan \theta)x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta}\right)x^2 \quad (24)$$

Essa equação descreve a trajetória do projétil e é do tipo $y = ax + bx^2$, equação de uma parábola que passa pela origem, Tipler e Mosca (2009). O sinal negativo indica que a parábola é invertida, ou seja, para baixo como a trajetória do projétil.

Para determinar a altura máxima, componente y utiliza-se da equação:

$$v_y = v_{y0} - g \cdot t \quad (25)$$

Na altura máxima $v_y = 0$, logo a equação fica:

$$0 = v_{0y} - g \cdot t \quad (26)$$

A equação acima é o tempo de subida do projétil é expressa como:

$$t = \frac{v_{0y}}{g} \quad (27)$$

Indicando $y(t) = h_{max}$ na equação $y(t)$, temos;

$$h_{max} = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (28)$$

Substituindo pelo valor de t obtemos:

$$h_{max} = v_{0y} \cdot \frac{v_{0y}}{g} - \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{v_{0y}}{g}\right)^2 \quad (29)$$

$$h_{max} = \frac{v_{0y} \cdot v_{0y}}{g} - \frac{1}{2} g \cdot \frac{v_{0y}^2}{g^2} \quad (30)$$

$$h_{max} = \frac{v_{0y}^2}{2g} \quad (31)$$

Sabendo o valor de $v_{0y} = v_0 \sin \theta$:

$$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \theta \quad (32)$$

Para o alcance máximo, dado na componente x vamos partir da expressão:

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t \quad (33)$$

É preciso considerar o tempo total do projétil em seu percurso, a partir da equação do tempo de subida, podemos fazer que o tempo total é duas vezes o de subida, lembrando que estamos desprezando a resistência do ar.

$$t_T = 2 \cdot t = 2 \frac{v_0 \sin \theta}{g} \quad (34)$$

$$\Delta x = v_0 \cos \theta \cdot \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g}\right) \quad (35)$$

$$\Delta x = \frac{v_0^2 (2 \sin \theta \cdot \cos \theta)}{g} \quad (36)$$

Pelas propriedades trigonométricas $(2 \sin \theta \cdot \cos \theta) = \sin(2\theta)$:

$$\Delta x = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (37)$$

Assim temos a equação do alcance horizontal, pela essa equação observa que mantendo a velocidade inicial v_0 fixa e variando 2θ , o alcance será máximo quando o ângulo $2\theta = 90^\circ$, tornando a equação em:

$$\Delta x = \frac{v_0^2}{g} \quad (38)$$

Em outras palavras quando $2\theta = 90^\circ$ ou $\theta = 45^\circ$, terá o maior alcance na horizontal, Sampaio e Calçada, (2005).

3.2.4 Lançamento considerando a resistência do ar

Todos os lançamentos descritos anteriormente normalmente são explicados e calculados, nas séries iniciais de introdução ao estudo da Física, desconsideram a resistência do ar, aplicado uma condição de sistema idealizado, nessa seção vamos analisar o comportamento de um objeto lançado na vertical e horizontal considerando a resistência do ar, e observarmos o crescimento da complexidade das equações, resistência essa também chamada de resistência de um fluido (um gás ou um líquido). Nessa situação, a resistência possui direção e sentido contrários aos da velocidade de um corpo em relação ao fluido, com isso o fluido exerce força a um corpo que se move através dele, o corpo também exerce ao fluido uma força como uma forma de afastá-lo do caminho, esse par de forças contrárias obedece a terceira lei de Newton, ação e reação, Young e Freedman (2008).

A resistência de fluido para pequenas e grandes velocidades se diferem, enquanto na primeira a força do fluido é proporcional à velocidade do corpo, na segunda a força é proporcional ao quadrado da velocidade e é chamada então de arraste do ar, aplicadas para altas velocidades.

$$f = k \cdot \vec{v} \quad (39)$$

$$f = k \cdot \overrightarrow{v^2} \quad (40)$$

Onde k , apresentado na fórmula acima, é uma constante do fator de proporcionalidade que depende da simetria e da massa do corpo e das propriedades do fluido, Young e Freedman (2008). Para determinar a trajetória com a resistência do ar, vamos partir da segunda lei de Newton escrita como:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{f}_r \quad (41)$$

Onde:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (42)$$

Derivando-se a equação obtemos a força de resistência do ar para pequenas velocidades expressa por:

$$f_{ar} = k \cdot \vec{v} \quad (43)$$

A força peso do corpo é:

$$f_p = -mg \quad (44)$$

Fazendo as operações matemáticas a partir da força resultante sobre o objeto, encontramos a equação da velocidade na componente horizontal $v_x(t)$, onde nesse caso a velocidade depende do tempo, assim não sendo constante.

$$v_x(t) = v_0 \cos \theta \cdot e^{\frac{-kt}{m}} \quad (45)$$

Prosseguindo, a equação para descrever a trajetória do objeto na componente horizontal durante o lançamento é:

$$x(t) = v_{0x} \cdot \frac{m}{k} \left(1 - e^{\frac{-kt}{m}} \right) \quad (46)$$

Na componente vertical, a velocidade é dada por:

$$v_y(t) = \left(\frac{mg}{k} + v_{0y} \right) \cdot e^{\frac{-kt}{m}} - \frac{mg}{k} \quad (47)$$

Já a equação da trajetória na vertical é expressa por:

$$y(t) = \frac{m}{k} \left(\frac{mg}{k} + v_{0y} \right) \cdot \left(1 - e^{\frac{-kt}{m}} \right) - \frac{mg}{kt} \quad (48)$$

Para o tempo de permanência do objeto no ar é encontrado a partir da equação da trajetória no eixo x :

$$t = -\frac{m}{k} \cdot \ln \left(1 - \frac{kx}{mv_0 \cos \theta} \right) \quad (49)$$

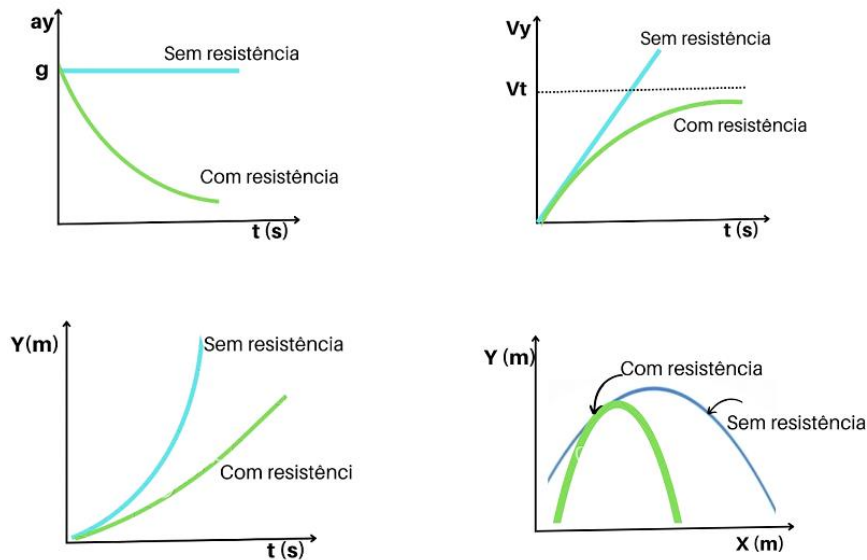
E para a trajetória completa do objeto com a resistência do ar é representada pela equação abaixo:

$$y(x) = \left(\frac{mg}{k \cos \theta} + tg \theta \right) x + \frac{m^2}{k^2} g \cdot \ln \left(1 - \frac{kx}{mv_0 \cos \theta} \right) \quad (50)$$

Nota-se que, nesse percurso, de acordo com a equação acima a trajetória é independente do tempo e dependente da massa e do fator de proporcionalidade que expressa a característica do corpo lançado, diferenciando das equações abordadas anteriormente que quando desconsidera a resistência do ar, as equações não relacionam com as características do objeto.

A figura a seguir, é uma representação dos gráficos da aceleração, velocidade e a posição *versus* o tempo de queda de um corpo sem a resistência de um fluido e com a resistência de um fluido.

Figura 7 - Representação gráfica de variáveis com e sem a resistência de um fluido.



Fonte: autoria própria, 2022.

Note que, não considerando a resistência à aceleração da gravidade é constante, considerando a resistência a aceleração diminui ao longo do tempo. E para a velocidade sem resistência de um fluido, aumenta de forma uniforme com relação ao tempo, mas sob a ação de forças dissipativas, essa descreve uma linha curva que possui um limite máximo chamado de velocidade terminal, nessa situação a aceleração é nula, pois a força resistiva se aproxima da força peso do objeto, assim a velocidade do corpo não aumenta, Jewett e Serway (2011). A velocidade terminal pode ser expressa como:

$$mg - kv_T = 0 \quad (51)$$

$$v_T = \frac{mg}{k} \quad (52)$$

Para deduzir-se a equação acima, admitiu-se que a resistência do fluido é proporcional à velocidade. Por fim, a posição também apresenta diferentes características nas duas condições de lançamento, sem a resistência de um fluido a trajetória é parabólica, no entanto com a resistência a curva se estende, como ilustra a figura 7. Descrevemos também, através de representação gráfica acima o movimento oblíquo nos dois casos, com e sem resistência do ar, independente do

ângulo formado na horizontal o alcance e a altura máxima do corpo com arraste do ar serão menores do que o movimento sem a força de arraste, além disso, a trajetória não será parabólica.

Observa-se claramente a elevação dos cálculos para o entendimento dos fenômenos físicos quando se considera as forças resistivas, impelindo o docente a retirar essa componente da análise nos anos iniciais quando se estuda Física, fazendo com que o discente não observem os fenômenos estudados mais próximo a realidade de sua ocorrência natural nem aprecie os resultados dos cálculos que apontam o comportamento nessas ocorrências. Porém com o uso das tecnologias presentes em algumas TICs essa perspectiva pode ser mudada, sendo essa mudança o que passamos a apresentar a frente.

3.3 TECNOLOGIA E A FÍSICA

Atualmente, as tecnologias estão cada vez mais presentes nas nossas vidas, e na educação tem um dos seus papéis importantes o auxílio do professor em sala de aula. O uso de recursos tecnológicos pode permitir aulas mais dinâmicas e inovadoras, desperta o interesse pela disciplina e facilita a aprendizagem. Por isso, encontramos inúmeras ferramentas, aplicativos, sites, simuladores e *softwares* para este fim, alguns disponibilizados de forma gratuita, outros são acessados mediante pagamento, mas todos com a finalidade de facilitar o ensino/aprendizagem, o acesso à informação e a comunicação entre professor e aluno. Muitos estudos e debates sobre a inclusão dessas tecnologias na educação têm se realizado, sendo uma convergência que o uso dessas tecnologias como apoio educacional é um método que pode ser eficaz, conforme seu uso, para ampliar e melhorar o processo educacional. Ao se debruçar sobre este tema a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), nas competências gerais da educação básica, aponta a importância e o fazer necessário do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na educação:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BRASIL, 2017, p. 9).

Assim, foi determinado aos professores a competência de aplicar de maneira efetiva e significativa o uso das tecnologias em sala para promover o ensino, a aprendizagem e a construção do indivíduo ativo na sociedade através de metodologias e ferramentas propícias ao cenário educacional no qual está inserido, respeitando o desenvolvimento e o espaço do discente.

Entretanto, apenas o uso das tecnologias não garante a qualidade e a efetividade educacional por seu simples uso, é preciso que o profissional possua conhecimentos e domínio dos métodos utilizados e se habituem a essas ferramentas. Além disso, dentre inúmeras ferramentas tecnológicas é interessante vislumbrar a melhor aprendizagem possível, que o docente disponha da mais adequada para abordar o dado conteúdo ou problema. Para o ensino de Física, encontra-se na *internet* diversos simuladores e *softwares* que possibilitam reproduzir problemas e “experimentos” em sala de aula, mesmo em escolas que não dispõem de laboratório de Física e/ou de Informática, com apenas um computador e projetor pode-se construir uma aula com exemplos e experimentos virtuais que exemplificam e consolidam as teorias que são mais complexas de serem “imaginadas”, principalmente para alunos da educação básica ou aqueles que tiveram uma formação inicial educacional incompleta ou precária.

Deste modo, se torna importante mostrar conceitos físicos de forma visual, para que o aluno concretize a teoria, além disso, ocorra a possibilidade de questionamentos, problematização e formulação a respeito do conteúdo, ou a recuperação do entendimento do tema estudado. Esse método também auxiliaria na proximidade aluno/professor e na desconstrução da ideia de que a Física é “difícil” de ser compreendida, abrindo mais leques de visualizações, no sentido que essa ciência pode apresentar conteúdos que podem ir além da realidade do aluno, ou abarcar conhecimentos e estruturas interpretativas que o mesmo ainda não acessou, dificultando a compreensão inicial e ampliando a possibilidade que o discente desenvolva aversão à disciplina, dificultando ainda mais a aprendizagem.

Para colaborar no enfrentamento do problema apontado acima, o presente trabalho traz resultados de experimentos de cinemática realizados no riacho Sucavão e analisados pelo *software Tracker*, programa este, como já mencionamos, desenvolvido para o ensino de Física.

3.3.1 Software Tracker

O *Tracker* é um *software* gratuito criado pelo professor Doug Brow da faculdade Cabrillo College Califórnia (EUA), Ortiz (2018). O programa foi desenvolvido para o ensino de Física, construído no *framework Java Open Source Physics (OSP) Tracker* (2022), usa imagens de vídeos para obter variáveis de um experimento gravado quando o usuário importe o vídeo para o *software* e faz as análises do experimento, Cunha, Galdino e Figueredo (2020). O referido programa permite a seus usuários realizar análise de vídeos quadro a quadro - *frame a frame* - deste modo sendo possível o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmeras digitais ou *webcams* e computadores comuns, como aponta Bezerra *et al*, (2011). Mais autores seguem apontando benefícios diversos para o uso educacional desse tipo de tecnologia, para Gordiano (2019), o uso de vídeo análise para o ensino de Física ajuda os alunos a compreender situações mais complexas e possibilita interpretação dos conceitos através de gráficos, já Santos (2018) ressalta que os recursos computacionais auxiliam nas aulas de Física para compreensão de conceitos abstratos, além de tornar o estudo dessa ciência mais próximo da realidade do aluno, demonstrando que as possibilidades de colaborações do aplicativo aqui estudado no ensino da Física é amplo: “O uso do *Tracker* em sala de aula facilita e permite explorar um pensamento crítico, mais próximo do fazer científico, no estudo de fenômenos que envolvem o movimento”. (BEZERRA JR. *et al*, 2012, p. 486). Ainda para Cordeiro e Rodrigues (2019) o *software* oferece qualidade, baixo custo, versatilidade e dinâmica nas aulas de Física contribuindo de forma efetiva no ensino e na aprendizagem. Além disso, permite a interação entre professor e aluno como fator que facilita ainda mais o processo de ensino como aponta a autora a seguir:

Numa aprendizagem colaborativa fazendo o uso do computador, professores e alunos aprendem, fazendo uso dialético de aprender. Seus pontos de partida são diferenciados, mas pelas problematizações criadas o ponto de chegada será de aprendizagem para ambos” (TEODORA ENS, 2002, p. 41).

Assim, podemos perceber que vários autores concordam que o uso desta TIC em sala de aula proporciona troca de saberes entre professor e aluno a partir da inovação introduzidas por essa tecnologia nas investigações de dado problema e/ou experimentação de fenômenos observados, no fazer ciência nas discussões, nas análises e na experimentação dos fenômenos observados. Deste modo essas ferramentas têm o potencial de facilitar a promoção da investigação ao aluno e levá-

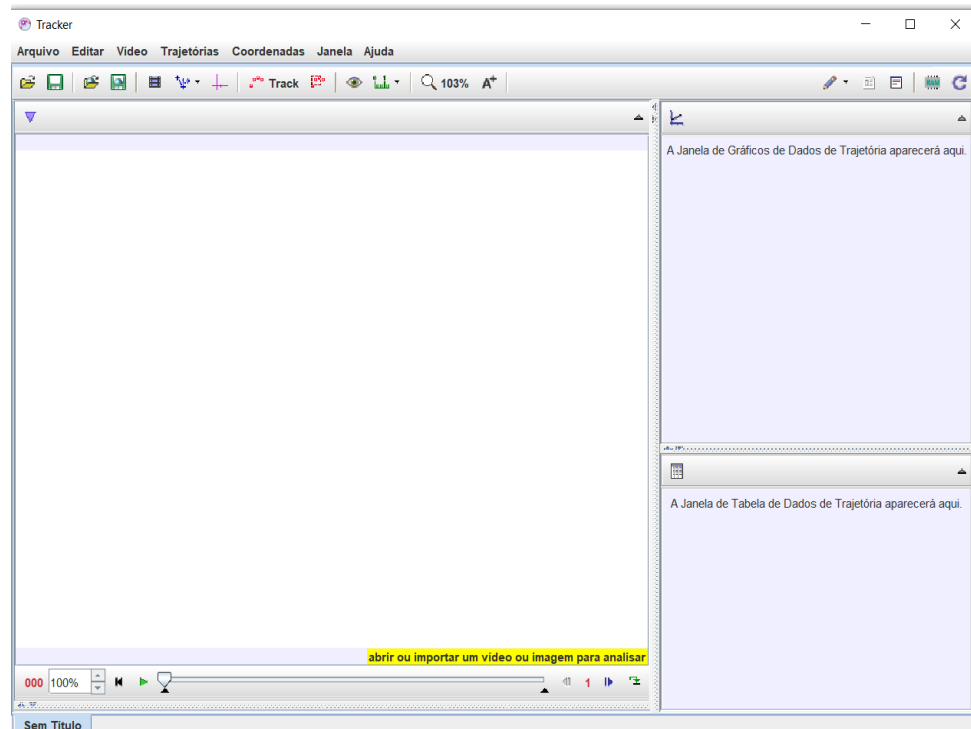
lo a ser sujeito ativo no processo ensino e aprendizagem, assim como o professor assume a posição de mediador dos conhecimentos, apresentando as tecnologias como auxiliadoras ao aluno como sujeito investigador e pesquisador nesse processo.

Para obtenção do *software*, neste trabalho analisado, pode-se acessar o *link* <<https://physlets.org/tracker/>> e escolher a opção de instalação, está disponível para plataformas híbridas, *windows*, *MacOS*, *Linux*, existem diversos vídeos e tutoriais na plataforma *YouTube* que explicam os passos iniciais para análise dos vídeos e ainda o site do *Tracker* disponibiliza o tutorial de uso.

Outras vantagens do programa é o pouco espaço de armazenamento ocupado, rápido processamento e muitas ferramentas disponíveis para análise de exemplos físicos de várias áreas da Física. O programa também possibilita a realização de experimentos e a análises em sala de aula com os alunos de forma conjunta e interativa, sem a necessidade de apresentar de forma pronta e acabada um experimento. A proposta proporcionando deste modo ao aluno a investigação e a interpretação dos resultados, além da interdisciplinaridade e aproximação dos alunos com as tecnologias educacionais.

A figura 8, a seguir, exibe a tela inicial do *software*, com menu, guias e botões das funções. No quadro central ocorre a exibição do vídeo para análise, abaixo deste há uma barra de rolagem a que permite limitar e recortar a parte do vídeo no qual o movimento para o estudo está presente, no quadro superior à direita são apresentados os gráficos e no quadro inferior, também à direita, são exibidas tabelas com as variáveis determinadas, as quais podem ser modificadas, excluídas e acrescentadas. Tanto os gráficos como as tabelas são fáceis de serem importados para os programas *Word* e *Excel*, o que facilita construções e apresentações mais dinâmicas dos resultados.

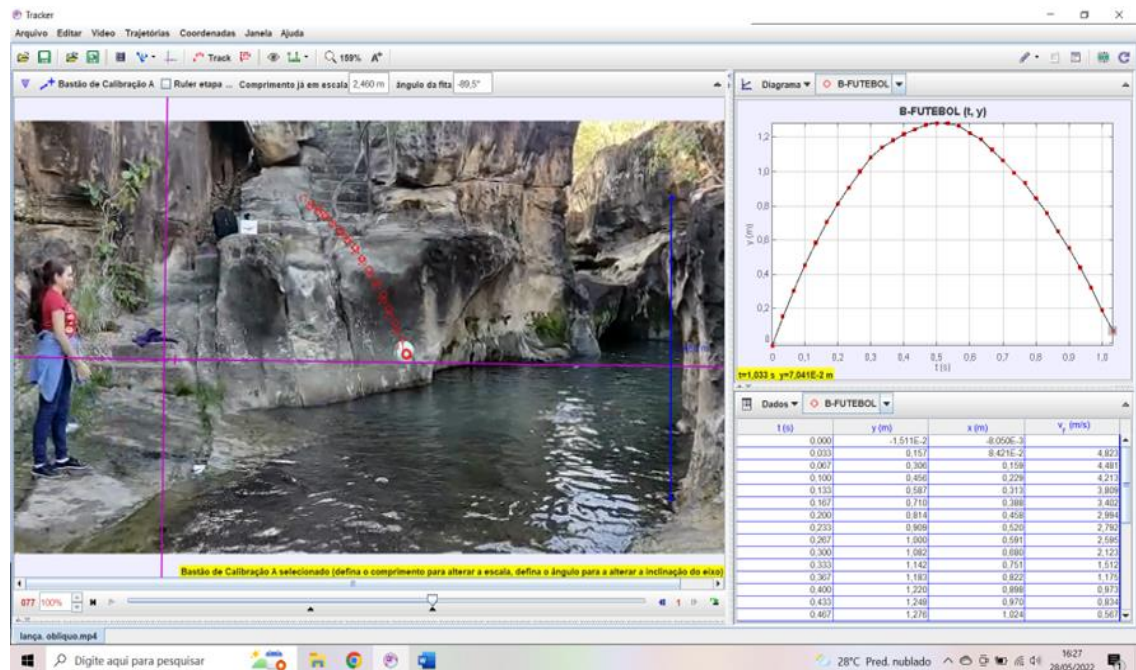
Figura 8 - Tela inicial do software Tracker.



Fonte: autoria própria, 2022.

Após exportar o vídeo o usuário insere todas as ferramentas que sejam necessárias para análises do vídeo, a seguir está representada a tela inicial do programa com o vídeo do experimento no mini cânone para estudo do movimento da bola de futebol após um chute no qual a bola realiza uma trajetória parabólica. Observa-se que algumas funções foram inseridas, como ilustra a figura 9, como o eixo das coordenadas - eixos x e y representada na cor lilás, o bastão de calibração na cor azul, com referência a parede do cânone, pontos que marcam o movimento da bola e abaixo do gráfico está a tabela com quatro variáveis exibidas.

Figura 9 - Tela inicial do software Tracker com análise de vídeo.



Fonte: autoria própria, 2022.

Antes de realizar os experimentos, foi feito um estudo e testes com o programa na tentativa de conhecer as variáveis que ajudam ou interferem na filmagem que possam expressar resultados não esperados. Uma das bases da experimentação está nas tentativas, ampliando em determinadas condições as chances de obter os resultados esperados, além disso a repetição ajuda a comprovar a veracidade dos dados coletados e entender detalhes do funcionamento de experimentos e ferramentas. Portanto, apresentada a proposta, sua sustentação teórica e a metodologia desenvolvida, passamos agora a exibição dos resultados alcançados neste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com toda a estrutura de experimento montada, com *software* instalado e aprendida sua manipulação básica, lançamentos realizados e filmados, vídeos importados para o *Tracker* e análises feitas, passamos a discutir os resultados obtidos com base na estrutura teórica para os três lançamentos realizados e os nossos resultados obtidos por meio da análise do *software*, sendo o primeiro lançamento a ser analisado, na teoria e na prática o de queda livre, o qual passamos a expor agora.

Na queda livre, sem influência da resistência do ar, dois corpos abandonados de uma certa altura, independentemente de sua massa e dimensão, chegam ao solo ao mesmo tempo. O gráfico que descreve essa trajetória na coordenada Y com relação ao tempo é de forma ascendente formando uma parábola, pela equação de segunda ordem escrita a partir da equação (4) como:

$$H = \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad (53)$$

E a velocidade nessa trajetória é uma reta pois o movimento é MUV, ou seja, a velocidade sofre variações em tempo iguais, a expressão que descreve é dada por:

$$v = g \cdot t \quad (54)$$

Sobre o mini cânion, do ponto onde foi lançado as bolas, a altura H era de $H = 2,46\text{ m}$, de forma simultânea foram abandonadas uma bola de basquete e uma de futebol, as quais possuem massas e dimensões diferentes, porém simetria iguais, nesse experimento, para resultados de lançamento de corpos no cotidiano, devemos considerar a resistência do ar, pois o experimento foi realizado em ambiente aberto em condições que apresenta a presença de forças resistivas.

Após a análise realizada no *software* foi construído gráficos no Excel com base nos dados fornecido pelo programa para as duas bolas. Ambas apresentaram características semelhantes, a trajetória desenhada apresentou-se em forma de parábola estendida até os objetos chegarem ao solo, no caso o espelho d'água, e a velocidade é semelhante a uma reta, condizentes com a teoria na presença de forças resistivas, como mostram os gráficos 1 e 2.

Figura 10 - Abandono das bolas sobre o mini cânion.

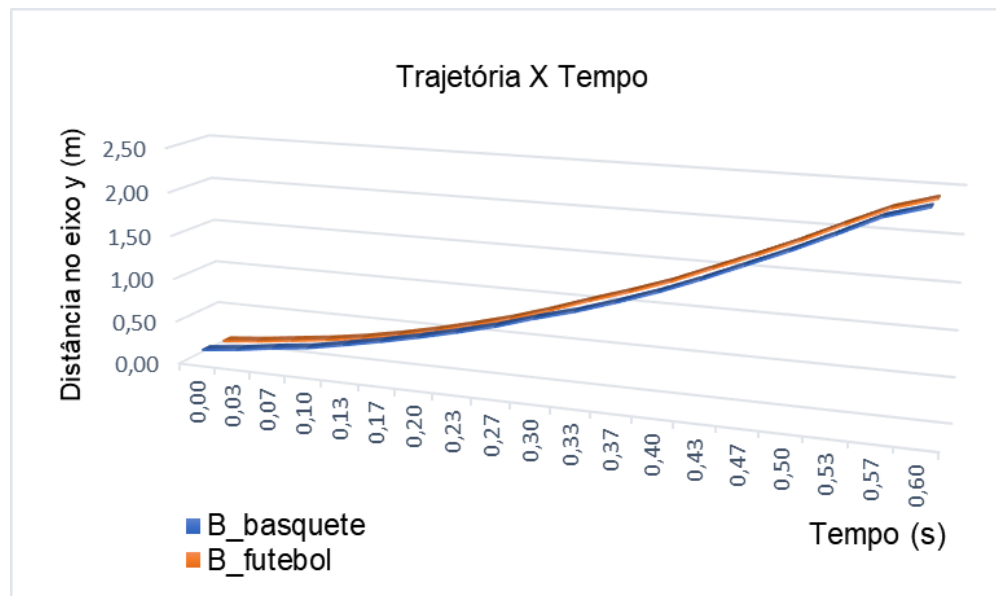


Fonte: Autoria própria, 2022.

Pelas análises, as bolas chegaram ao mesmo tempo no solo, porém percorreram distâncias infinitesimais diferentes de uma para a outra no percurso. Essa diferença pode estar relacionada ao fato de a trajetória de cada bola ser marcada pelo ponto de massas que é feito manualmente, mas indicamos que esses pontos também podem ser marcados de forma automática, porém nesse modo há mais ocorrências de inconsistências, nos vídeos do lançamento a impressão causada é que os dois objetos chegam ao mesmo tempo ao solo. Este experimento analisado pelo *software* permite mostrar, mesmo sem a necessidade de cálculos, a ação das forças resistivas retardando mais um corpo do que outro, por mais que seja um retardo infinito.

Portanto, o *Tracker* exibiu resultados condizentes com os esperados, outra possibilidade é que mesmo ocorrendo os lançamentos de forma simultânea das duas esferas, o programa permitiu as análises de forma separada, quando foram obtidas as diferenças mínimas no tempo de queda, como o esperado teoricamente, mesmo com várias tentativas de marcação de centro de massa, o resultado se repetiu com padrões próximos.

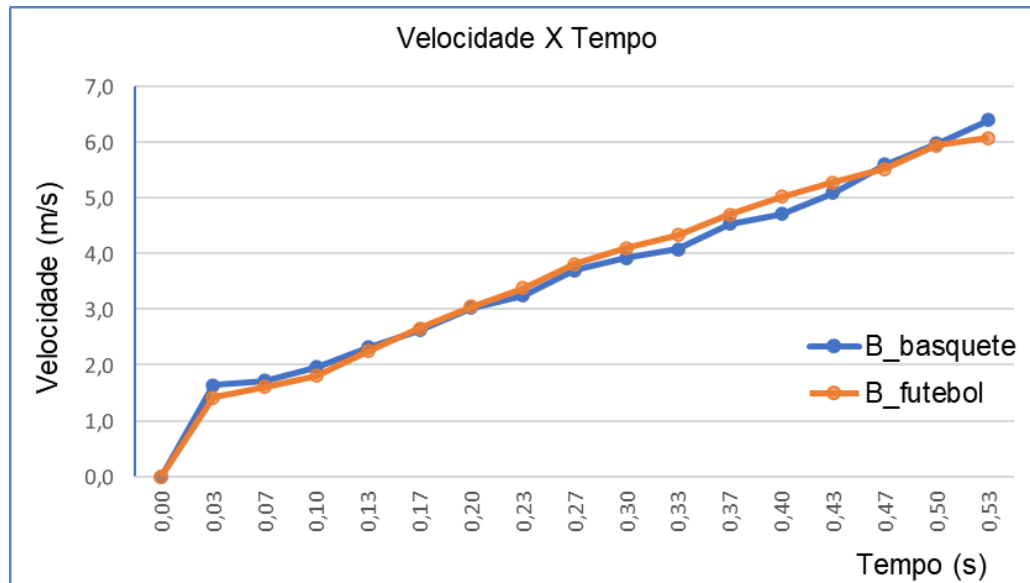
Gráfico 1 - Trajetória das bolas esportivas.



Fonte: autoria própria, 2022.

Portanto, os resultados do programa apresentaram-se condizentes com a realidade, podendo ser apresentadas esses resultados aos alunos, sem a necessidade de cálculos, pois a princípio objetos com dimensões e massa diferentes lançados sob a resistência do ar caem em tempos diferentes, voltando para a velha discussões em livros didáticos do abandono de uma pena e de uma maçã, sob a ação de forças resistivas, a maçã cai primeiro no solo_pela sua simetria e por possuir maior massa, isso porque a pena sofrerá mais ação das forças que opõe ao seu movimento, retardando assim sua chegada ao solo. Outro importante fator a ser observado é a altura em que os corpos são soltos, quanto maior a altura mais força de arraste atuará no corpo, pois maior será sua velocidade e assim maior interferência das forças resistivas, assim a diferença entre as bolas foram mínimas que podemos fazer as aproximações de como fosse sem resistência, mas que na prática esse fenômeno está presente no sistema, e o programa permite avaliar e demonstrar esse exemplo com facilidade.

Gráfico 2 - Velocidade das bolas de basquete e de futebol.



Fonte: autoria própria, 2022.

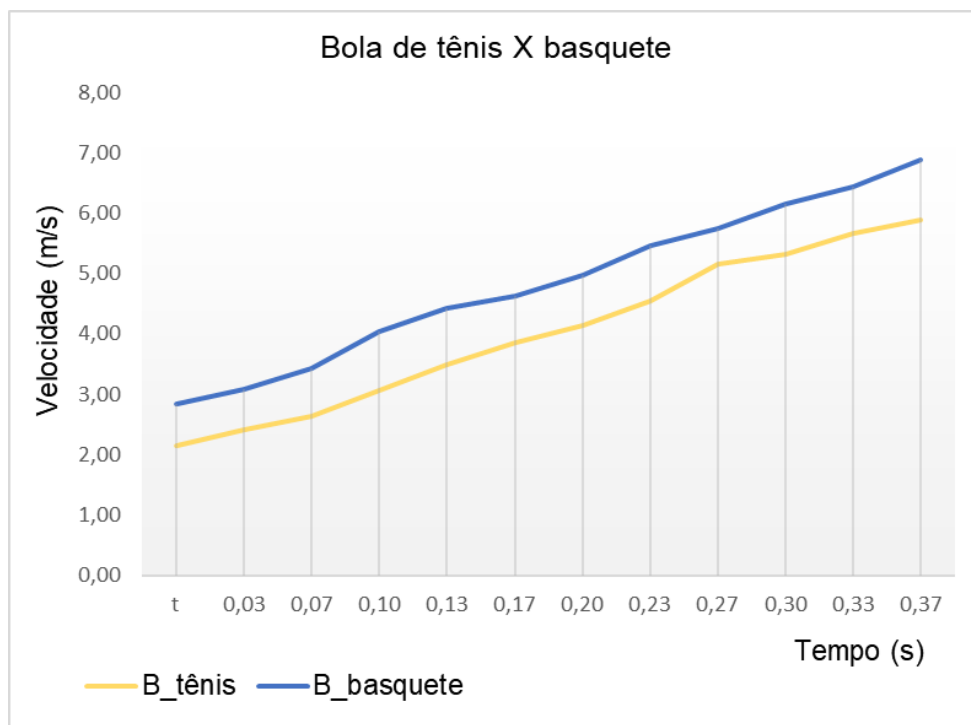
Contudo, as bolas de basquete e futebol chegaram quase juntas por que possuem mesma simetria, porém massas diferentes, esse tipo de forma facilita a queda, pois são aerodinâmicos, sofrem menor ação das forças resistivas, além disso a altura na qual foram lançadas é considerada pequena e por isso a influência da força de arraste é menor sobre as esferas fazendo com que elas caiam praticamente com mesma velocidade e tempo.

Outra estrutura com interferência nos parâmetros deste tipo de lançamento é a aerodinâmica, para Picanço (2012), esta está relacionada ao estudo de corpos que se movem dentro do fluido (ar, gases e outros), e nos modelos criados para diminuir o atrito com o ar durante o movimento, e dependendo do objetivo de cada objeto eles podem ser construídos para o aumento das forças de atrito, no caso de paraquedas ou para diminuir, como os automóveis de fórmula 1, objetivando adquirir mais velocidade, demonstrando assim a aplicação real das forças resistivas, sendo portanto muito importante exibir seus resultados já nos momentos iniciais do ensino de Física.

Outro experimento de abandono de objetos foi realizado com uma bola de tênis e outra de basquete, ambas abandonadas da mesma altura, contudo de forma separada. Porém, o *Tracker* apresenta uma propriedade que dificulta a análise comparativa, pois o bastão, ferramenta do programa para receber informações de altura, oscila em termos de calibração, entre os *frames* como marco de início do movimento, ou seja se marcamos como ponto de referência o ponto de massa o movimento não começa do zero, se marcamos como referência para o bastão a

superfície do objeto o movimento tem medida menor que a por nós fornecida, começando o movimento com referência ao ponto de massa em atraso. Embora estes detalhes dificultem a análise o *software* apresentou resultados condizentes com a estrutura teórica para ambas as esferas para as velocidades dos objetos ao longo da trajetória, a bola de basquete apresentou maior velocidade comparado a de tênis, o que é condizente com as interpretações físicas, pois corpos que possuem maior massa possuem maior velocidade nas condições que consideramos a resistência do ar. Os resultados desse segundo experimento estão sendo apresentados no gráfico 3, abaixo.

Gráfico 3 - Abandono das bolas de basquete e de tênis.



Fonte: autoria própria, 2022.

Fazendo as mesmas analogias à queda livre, vamos abordar o lançamento vertical com a bola de futebol lançada com velocidade inicial diferente de zero que realiza uma trajetória vertical para cima e após atingir a altura máxima, muda de orientação e retorna a posição inicial. Neste lançamento, desconsiderando a resistência do ar, o tempo de descida é igual ao tempo de subida, no entanto, verificou-se no gráfico do lançamento realizado, que as forças dissipativas fizeram como que o tempo de descida seja maior que o de subida, implicando também que a velocidade na descida será menor em relação a subida. Usando o conceito da conservação da

energia podemos compreender por que a diferença de tempo no trajeto. Entenda-se que a resistência do ar é uma força dissipativa, ou seja a energia não é conservada, logo a energia mecânica da bola de futebol no percurso completo não vai se conservar. Podemos utilizar expressões simples de energia para mostrar a diferença do tempo de subida e descida. A energia mecânica do objeto é dada pela soma da energia cinética com a energia potencial gravitacional.

$$E_m = E_c + E_p \quad (55)$$

No ponto de lançamento (para cima) que vamos chamar de ponto A a energia mecânica será maior do que no ponto B ponto final quando a bola retorna. Assim, pode-se expressar pela relação dada abaixo:

$$E_{mA} > E_{mB} \quad (56)$$

$$E_{cA} + E_{pA} > E_{cB} + E_{pB} \quad (57)$$

Como nos pontos A e B , a energia potencial gravitacional é zero, a expressão fica apenas em função da energia cinética.

$$E_{cA} > E_{cB} \quad (58)$$

$$\frac{m v_A^2}{2} > \frac{m v_B^2}{2} \quad (59)$$

Fazendo simplificações na expressão, temos a relação matemática que mostra que no ponto de partida da bola a velocidade é maior do que no ponto de chegada.

$$v_A > v_B \quad (60)$$

Assim, se a bola percorre a mesma distância com velocidades diferentes na subida e na descida, significa dizer que se uma mesma distância é percorrida com maior velocidade levará menor tempo para conclusão do percurso, fazendo a relação por expressões, substituindo o valor da velocidade que é dada pela altura dividida pelo tempo, teremos:

$$\frac{h}{t_s} > \frac{h}{t_d} \quad (61)$$

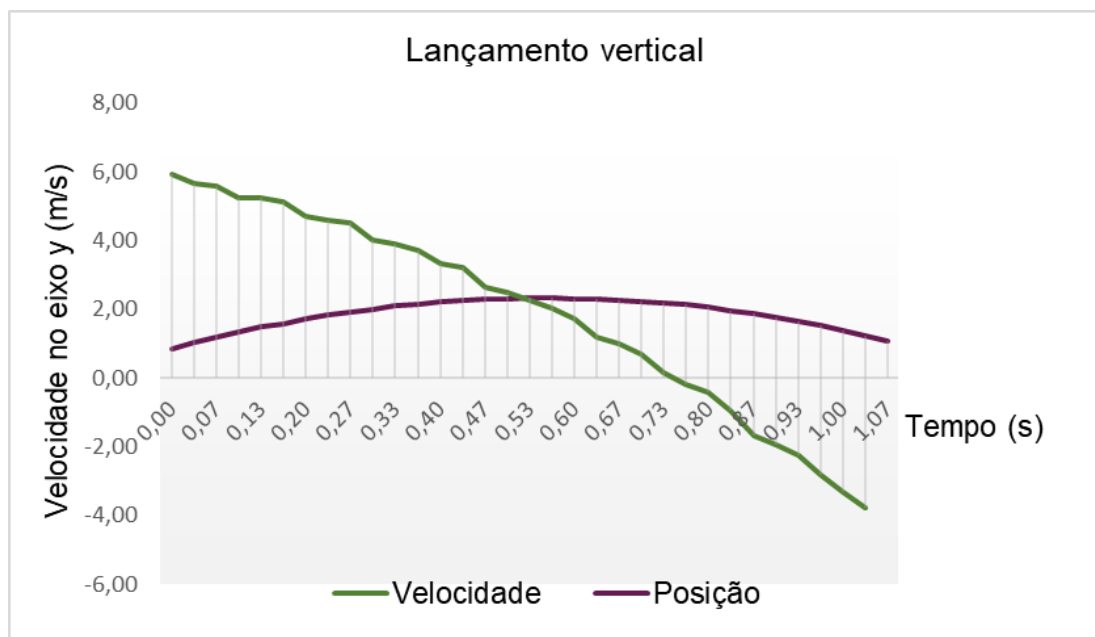
$$t_d > t_s \quad (62)$$

Portanto, o tempo que a bola de futebol leva para subir é menor do que o tempo para descer. Esse resultado foi verificado pelo *software*, para subir a bola de futebol levou cerca de 0,50s e para descer gastou 0,57s. A obtenção desse resultado foi simples, marcando o ponto de massa da bola para descrever a trajetória e pelas

coordenadas e medição de calibração regulada com a altura referencial do cânon a bola sobe com velocidade inicial diferente de zero até atingir o ponto máximo e retorna ao solo, pelos dados fornecidos na tabela a velocidade de descida possui sinal negativo devido a posição da coordenada, com isso foi feito a diferença do tempo total da trajetória, Além disso, pode-se observar que a posição não descreve uma parábola.

$$0,57s > 0,50s$$

Gráfico 4 - Lançamento vertical com a bola de futebol



Fonte: autoria própria, 2022.

As irregularidades ao longo da reta da velocidade mostram que está está associada tanto pela marcação do centro de massa na análise experimental, no qual observa-se a concepção de que os fenômenos na Física apresentam casos particulares e que as aproximações são usadas para facilitar inicialmente o entendimento dos conceitos e os cálculos, e que mesmo assim não são exatamente perfeitos, e que em algumas aplicações é preciso levar em consideração um número maior de fatores envolvidos no sistema.

No lançamento horizontal formando ângulo zero no eixo x o objeto lançado de uma certa altura realiza movimento tanto na componente horizontal como na vertical como foi definido nos referenciais, logo o comportamento esperado na trajetória do

objeto no eixo y é de forma similar à queda livre, e também sofrerá influências das forças resistivas durante o lançamento.

Figura 11 - Análise de um lançamento horizontal no Sucavão.



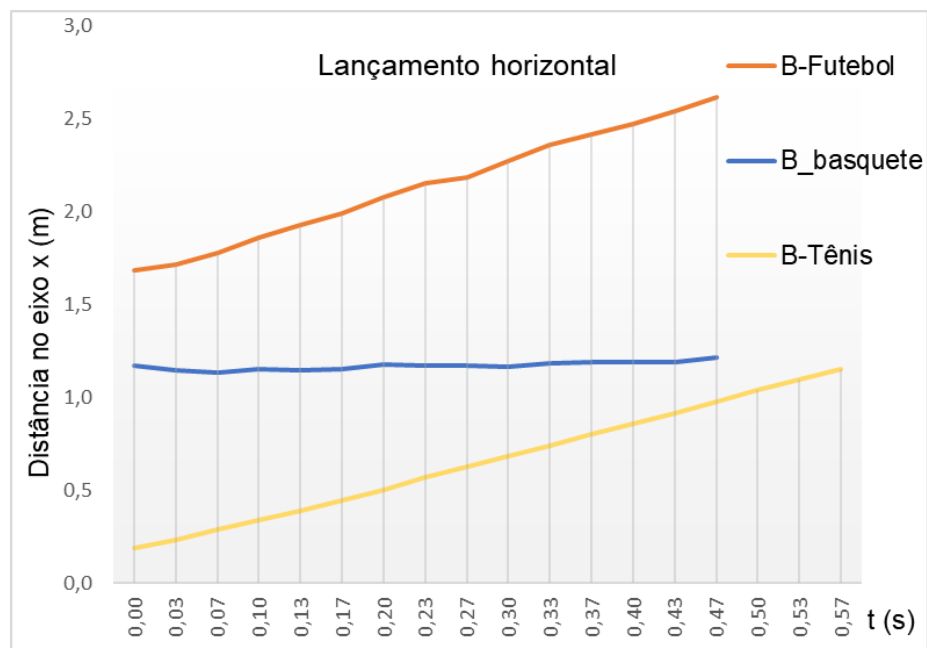
Fonte: autoria própria, 2022.

A trajetória horizontal, sob condições ideais, possuirá em seus gráficos de representação características parabólicas, quando observa-se o lançamento com a presença de forças resistivas a representação gráfica deste movimento será apenas similar ao parabólico, além disso, o alcance do objeto deste componente também será menor, isso porque a força oposta ao movimento faz o corpo atingir uma velocidade terminal fazendo-o não variar e pousar de forma mais rápida ao solo. Abaixo temos o gráfico da distância do tempo para o referido lançamento das três bolas esportivas usadas no experimento.

No gráfico 5 está representada a trajetória das bolas de basquete, futebol e tênis no lançamento horizontal, observa que as bolas de basquete e futebol e tênis percorreram distâncias na componente x diferentes, sendo o tempo para as duas esferas maiores similar (0,47s) e para a esfera menor o tempo foi maior (0,57). Este resultado é condizente com o teoricamente esperado, pois corpos com massas diferentes terão seu tempo de queda alterado. Nesse tipo de lançamento o *Tracker* torna-se um aliado importante para se entender os fenômenos presentes no

movimento. Outro ponto a observar é que sem resistência o tempo de queda dos corpos seriam exatamente iguais, deste modo em um movimento como o ocorrido no Sucavão onde os corpos foram lançados sobre a parede e depois caíram em direção ao espelho d'água o aplicativo fornece os dados bem mais próximo a realidade, como a distância percorrida e o tempo de duração do movimento ficando evidente a ação das forças nestes fatores.

Gráfico 5 - Lançamento horizontal com as três bolas esportivas.



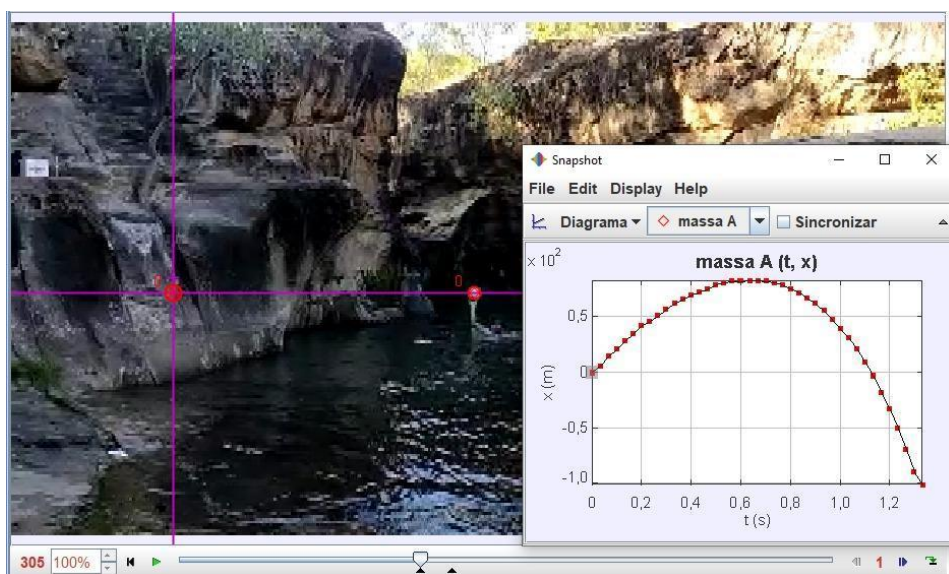
Fonte: autoria própria, 2022.

Portanto, o aplicativo permite a visualização de resultados distintos sem a necessidade de cálculos. Para a forma que o movimento ocorreu, um deslocamento de esferas sobre as paredes do mini cânion para depois despencar sobre a água, o uso do aplicativo para a obtenção dos resultados e o entendimento destes diminui bastante a necessidade de generalizações para as componentes, deslocamento horizontal, forças resistivas, deslocamento vertical e a influência da força resistiva. Desta forma, temos ganhos de observações, e não a redução delas, pois pode-se realizar os cálculos mais simples para o entendimento inicial das variantes do movimento e após a observação dos resultados de forma simplificada através de gráficos para a trajetória, velocidade e distância, além de apreciar os resultados matemáticos mais próximos do fenômeno na realidade. Por exemplo, fica mais fácil entender por meio da visualização deste tipo de lançamento e de seus resultados

matemáticos, com a observação comparativa entre os lançamentos com e sem a "presença" das forças resistivas, pois caso não seja exemplificado para o aluno, pode causar dificuldades no processo de aprendizagem e isso pode acarretar também aversão à disciplina.

Semelhante ao movimento anterior, os lançamentos oblíquos têm seus componentes de movimento em duas direções: horizontal e vertical. Neste tipo de lançamento, comumente, as forças resistivas farão com que o objeto atinja menor altura na vertical e menor alcance na horizontal comparado à condição com a presença apenas da gravidade, sendo um desses lançamentos também realizado no Sucavão, como mostra a figura a seguir 12.

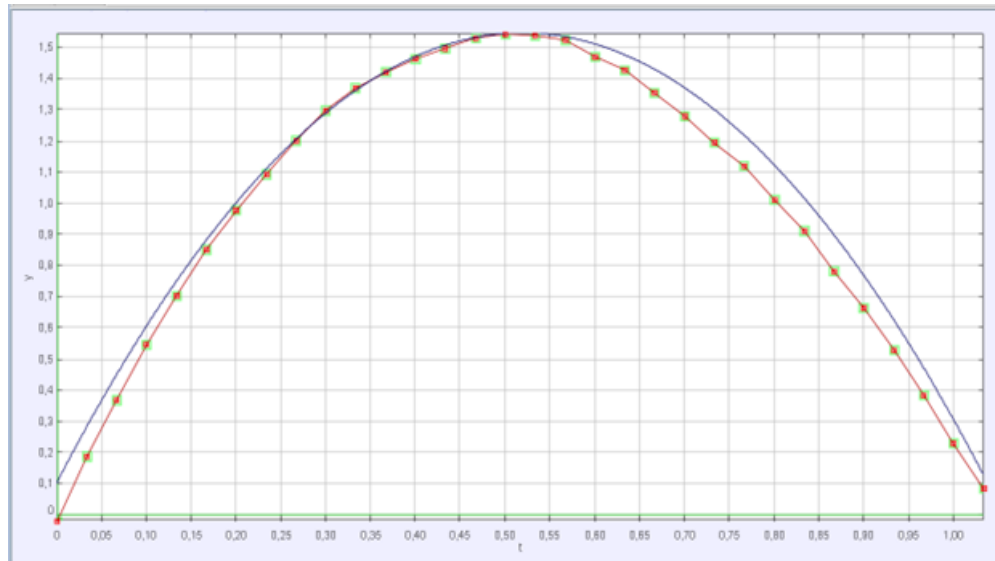
Figura 12 - Tela inicial do *software* com análise do vídeo do lançamento oblíquo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Na figura a seguir está representada a trajetória da bola que realiza após um chute, a linha vermelha representa a trajetória marcada pelo ponto de massa e a linha azul é a análise feita pelo *software* para mostrar a trajetória parabólica que se ajusta no movimento que a bola realiza.

Figura 13 - Trajetória da bola e o ajuste da parábola pelo *software*.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para uma análise qualitativa mais aprofundada, o programa fornece as suas equações e algoritmos que usa para descrever e calcular as resultantes do movimento parabólico como os valores das variáveis. No *software* a expressão é escrita na forma:

$$y = A.X^2 + B.X + C \quad (63)$$

Nos livros didáticos a fórmula da equação que descreve esse movimento é a equação horária da posição expressa pela equação (1). Quando observamos as duas estruturas matemáticas percebe-se que:

$$y = h; A = \frac{g}{2}; X = t; B = v_0; C = h_0 \quad (64)$$

Portanto foram atribuídos os valores de A, B e C , de acordo com os dados fornecidos na tabela pela análise do movimento, no entanto para o valor de $A = \frac{g}{2}$ o *software* atribui o valor da gravidade de $g = 10,72 \text{ m/s}^2$, mesmo com a atribuição de $g = 10 \text{ m/s}^2$, para efeitos de cálculos no ensino médio, o valor dado pelo programa fica fora de contexto, sendo isto uma tentativa de aproximação para valores próximos, além disso o *Tracker* permite a introdução e a manipulação destes valores, o que faz com que o usuário possa adaptá-los para resultado mais próximo do teórico, conforme seu objetivo, ou fazer um "arredondamento" para facilitar os cálculos.

Este tipo de movimento, estudado na cinemática, exige uma compreensão maior dos fenômenos físicos, portanto para chegar no entendimento do lançamento oblíquo uma série de informações devem ter sido compreendido pelos discentes, bem como exercícios resolvidos e experimentos observados, para que assim o aluno possa

tratar com mais segurança e aprendizagem significativa essas informações já, teoricamente, repassadas a eles, com suas aplicações, como nos cálculos do movimento oblíquo para obter variáveis precisa do uso da trigonometria para determinação de alguns valores, assim o aluno estará muito próximo de desvincular as dificuldades iniciais ao não entendimento desse novo tema, podendo gerar, pela dificuldade de entendimento, aversão não só a Física como também a Matemática usadas neste assunto. Neste ponto temos uma possibilidade que já se repete para o uso do *software Tracker*, mas que para o movimento aqui analisado apresenta uma possibilidade mais ampla.

Dentro da perspectiva de facilitar a observação de experimentos com sua aplicação e resultados no contexto vivenciado, e análise dos dados de forma conjunta, obtendo resultados para o mesmo evento em diferentes situações e condições iniciais, e proporcionar ao aluno recursos didáticos que oportuniza a observação e interpretação de experimentos realizados em ponto turístico com contexto histórico, como os lançamentos feitos em local historicamente importante, de envolver a turma em experimentos dentro de sala de aula, de refazer situações reais podemos observar claramente as possibilidades pedagógicas que o *aplicativo Tracker* pode trazer para o ensino de Física, sendo neste ponto que fixamos a colaboração pedagógica deste trabalho.

Mas antes, é importante mencionar o valor da profundidade do cânion que foi feito duas vezes em dias diferentes, a primeira no dia 14/05/2022 quando, depois de várias verificações, em vários pontos do primeiro poço a maior profundidade localizada foi de 4,45 m. Na segunda tentativa no dia 16/06/2022 retornamos ao local, desta vez com a haste mais longa do equipamento, permitindo verificação de vários pontos com menos deslocamentos, e o resultado encontrado para maior profundidade foi de 4,10 m. Atribuímos essa redução no registro da profundidade às chuvas ocorridas na região no final do mês de maio e durante o mês de junho, às quais podem ter aterrado o poço. Ressaltamos ainda que o processo inverso pode ocorrer durante fortes chuvas, resultando na escavação do Sucavão implicando em uma maior profundidade.

5 ARTEFATO PEDAGÓGICO: Exibição dos passos de uma pesquisa e suas implicações pedagógicas.

Esta parte do trabalho foi construída objetivando a divulgação dos percursos de um TCC, partindo da escolha do tema, apresentação das dificuldades, ganhos educacionais e profissionais, desta etapa da carreira acadêmica, bem como apresentar os limites e contribuições que encontramos para o uso pedagógico do *Tracker* no ensino da Cinemática. A divulgação ocorreu em forma de palestra com o principal público alvo sendo alunos do primeiro período do curso de licenciatura em Física. A escolha do público seu pelos múltiplos ganhos hipotéticos que esta palestra poderia produzir a estes: Apresentação prévia para estes discentes sobre as etapas do TCC, indicação e observação do uso de *softwares* em pesquisas, diálogo sobre a necessidade de integração entre pesquisa e educação, pois estão em cursos de licenciaturas, bem como o contato com um trabalho de pesquisa acabado e suas formas de divulgação.

A palestra ocorreu no dia 30 de junho de 2022 na sala C3, para a realização da mesma foi construído um plano semelhante ao modelo de plano de aula do IFPI. Em termos práticos foi apresentado o trabalho, exibido o funcionamento do *software Tracker* e suas formas básicas de uso, enfatizados os ganhos educacionais além de expormos as funcionalidades. Após a palestra, como também durante estava aberta a fala para que os alunos pudessem dialogar, fazer sugestões e tirar dúvidas.

O desenho da proposta de palestra seguiu a indicação do vínculo entre pesquisa, educação e formação profissional, e neste caso estamos nos referindo a profissionais da educação:

A importância da realização de uma atividade experimental parece ser inegável se considerarmos que os professores, ao exercerem a docência, são formadores de pessoas que desenvolverão papel fundamental na sociedade em que estão inseridas. Nessa perspectiva, têm-se jovens que, independentemente da profissão que escolheram, atuarão na sociedade, a qual se encontra em processo constante de transformação, principalmente na área tecnológica, da qual a experimentação é base. Desenvolver atividades que permitam ao aluno refletir, questionar, entre outros aspectos, deve ser o papel do componente experimental no processo ensino-aprendizagem (ROSA, 2003, p.106).

Uma das observações durante o trabalho, e que orientou o artefato pedagógico, foi que o domínio ou uso de artefatos tecnológicos tensionam as relações ensino e

educação do modelo tradicional, indicando a urgente necessidade do acompanhamento pelo mundo escolar, em todos os seus níveis, dos avanços tecnológico, sendo urgente seus usos e principalmente reflexões críticas dos resultados educacionais proporcionadas por essas novas tecnologias, pois estão relacionadas, por hipótese, ao aumento da velocidade da aprendizagem, possibilidade da ampliação de entendimento, da inclusão digital, interdisciplinaridade, entre outros resultados, porém a não aplicação crítica e contextualizada dessas tecnologias, principalmente em escolas públicas brasileiras, podem ampliar o fosso de desigualdades produzidas pelo acesso desigual a aparatos educacionais em duas frentes: Entendimento mais lento/rápido de conteúdos e acesso/não acesso a tecnologias educacionais funcionais, portanto esta percepção norteia a função também social do nosso trabalho.

A palestra atendeu todos os objetivos esperados, permitiu a troca de saberes, experiências e diálogo sobre a importância de construir e utilizar como futuros professores metodologias eficazes que possibilitam o interesse e a fácil compreensão de conteúdos da Física através de recursos disponíveis com as TICs no ensino básico de forma a sanar as dificuldades presentes nesse nível de ensino e introduzir uma linguagem científica bem como propor práticas que requer a utilização dos conceitos vistos pelo o aluno como um alternativa para aplicar os conhecimentos adquiridos. Além disso, foi discutido sobre as dificuldades que os docentes de Física sentem quando ministra a disciplina, pois como precisa utilizar da matemática os alunos criam uma barreira por não possuírem uma base matemática dificultando o entendimento da Física bem como aumenta a aversão à disciplina. Mas, isso faz parte do ensino de Física e está no professor possibilitar métodos para minimizar as dificuldades.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de apresentar o programa *Tracker* para docentes que trabalhem ou trabalharão no ensino de Física nos primeiros ano do Ensino Médio, abordado neste trabalho para o tema Cinemática, foi apresentada como uma proposta para ser trabalhado no ensino de Física de forma que facilita o processo ensino e aprendizagem, para abordar o conteúdo com uma linguagem científica e analisar dados obtidos através de experimentos, a ferramenta virtual apresentada visa colaborar para um ensino e aprendizagem de maneira mais dinâmica e interativa, aumentando possibilidades comparativas, de entendimento e acesso a didática que possam usar tecnologia e contextualização como ferramentas que na prática permitem apresentar ao aluno os fenômenos presentes no cotidiano de forma qualitativa e quantitativa mais entendíveis e que proporciona a possibilidade de docente e aluno de forma conjunta possa obter e interpretar os resultados dos experimentos, ou até mesmo fazer parte destes, transformando o aluno em sujeito ativo no processo de aprendizagem.

Para esse fim, foram realizados experimentos, testes, equipamentos foram construídos, procedimentos repetidos, conceitos foram revisados, e análises ocorreram, e por último algumas possibilidades e limites do *Tracker* foram observadas, como na seção anterior boa parte das possibilidades, que no nosso entender merecem destaque foram apontadas, os limites do aplicativo:

1 - O software não apresenta precisão nos cálculos das variáveis a partir da análise do vídeo.

2 - A marcação do centro de massa com precisão é prejudicada por distorção *frame a frame* dos vídeos que alimentam o programa.

3 - A qualidade da filmagem é muito importante para análises, pois uma gravação distorcida pode dificultar bastante os procedimentos de calibragem e desta forma a análise.

4 - Há divergência nos cálculos quando o objeto não é considerado um ponto de matéria, pois em alguns *frames* o movimento é registrado a partir do ponto de massa e em outros da superfície do objeto, o que pode acarretar problemas interpretativos como em um gráfico de movimento com aceleração constante.

5 - A variedade de possibilidades não intuitivas do *Tracker* faz com que se demande bastante tempo para apreender utilizações mais específicas e a realização de cálculos mais próximos da realidade.

6 - Os gráficos e tabelas produzidos têm poucas possibilidades de manipulação, porém seus dados são facilmente exportados.

Portanto, os limites encontrados para o tipo de estudo e ensino que propomos neste trabalho indicam apenas melhorias de aplicabilidade e não a inviabilidade do uso do *software*, o qual veementemente como ferramenta educativa válida com excelentes possibilidades de uso para ensino e pesquisas na área da Física.

Contudo, pelas análises feitas no *software* a partir dos lançamentos realizados no cânion e pelo comparativo dos movimentos com e sem a força de resistência do ar de acordo com as referências bibliográficas reforça que é uma boa aproximação ao desconsiderar essa resistência quando estudar a cinemática para pequenas velocidades, assim é importante discutir em sala de aula o motivo no qual essa força é desprezado no estudo desse fenômeno e reforçar que no cotidiano essas forças estão presentes e em alguns casos não possuem interferência significativa já em outros como o paraquedismo são importantíssimos.

Por fim, a escolha do ambiente para o desenvolvimento deste trabalho, o mini cânion Sucavão, foi motivada pela proposta de apontarmos a necessidade contextualização de estudos também no ensino de Física, estando o local da pesquisa vinculado ao contexto histórico da região. O Sucavão possui belezas naturais e já se apresenta com certa notoriedade na microrregião, deste modo possibilitou a associação de valores científicos e investigativos da Física à histórias da região, como a da profundidade sem fim do poço, da historiografia local das cidades do seu entorno, permitindo tocar em eventos socio/históricos da região, bem como entender que a própria visita para os experimentos despertam os pesquisadores para a valorização ecológica, preservação do local e de seus valores geológicos, culturais, religiosos e míticos, os quais ainda podem ser usados a favor do processo ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA JR, A. G; ET AL. Vídeo análise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: Movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 29, n. 1, p. 469-490, 2012.

BEZERRA JR, A. G; ET AL. Atividades experimentais de Física mediadas por videoanálise e o software livre Tracker na formação inicial de professores. [?2011].

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017.

CALÇADA, C. S; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica**: cinemática. 2. ed. São Paulo: Atual, 1998.

CARRADI, W; *et al.* **Fundamentos de Física I**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

CORDEIRO, A. L; RODRIGUES, F. L. de O. O software Tracker: uma ferramenta educacional para potencializar o Ensino de Física. **Essentia**, v. 20, n. 2, p. 2-8, Sobral - CE, 2019.

CUNHA, S. D. da; GALDINO, G. D. V; FIGUEREDO, K. S.L de. **Utilização do software Tracker para determinação dos coeficientes de velocidade, descarga e contração no experimento do alcance do jato de água**. V CONAPESC, [?2020].

DIAZ, M; TALAVERA, G. **Dicionário Santillana para estudantes**: espanhol/português, português/espanhol. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2008.

DOCA, R. H; BISCULA, G. J; BÔAS, N. V. **Física**: Mecânica I. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

GODOY, M. M; BINOTTO, R. B; WILDNER, W. **Geoparque caminhos dos cânions do sul (RS/SC)**: proposta. 2012.

GORDIANO, G. A. Uma abordagem no Ensino de Mecânica utilizando o Tracker. 91f. Dissertação (Ensino de Física)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2019.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

HALLIDAY, D; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**: mecânica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censos 2010**. Panorama da cidade de Paquetá-PI, 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/paqueta/panorama>>. Acesso em 27 de jun. de 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos 2010. História e fotos da cidade de Paquetá-PI, 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/paqueta/historico>>. Acesso em 17 de maio de 2022.

JEWETT Jr, JOHN. W; SERWAY. R. A. **Física para cientistas e engenheiros: Mecânica**. ed. 8. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. **Curso de Física**. 6. ed. São Paulo: Scpione, 2005.

MENDES, F. R; KUCZACH, A. M. Conhecimentos Tradicionais sobre a mastofauna da região do cânion do Guartelá, estado do Paraná, Sul do Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 7, n. 4, 2007.

MUNIZ, C. R; CASTRILLO, L. S. **Introdução à Física**. 3. ed. Fortaleza: EdUECE, 2013.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. 4. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2002.

ORTIZ, J. de L. da R. Minicurso: O uso do Software Tracker para o ensino da Física. **V SENID**, São Luiz Gonzaga -RS, 2018.

PANASIEWICZ, R; BAPTISTA, P. A. N. **Metodologia Científica: A ciência e seus métodos**. Universidade (FUMEC) - Belo Horizonte, 2013.

PALANDI, J; et al. **Cinemática e Dinâmica**. Santa Maria – RS, 2010.

PICANÇO, A. R. de S. **Modelagem do movimento de projéteis sob efeito da resistência do ar**. Itacoatiara, 2012.

RAMALHO, F. J; FERRARO, N. G; SOARES, P. A. de T. **Os fundamentos da Física I: Mecânica**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

RESNICK, R; HALLIDAY, D; KRANE, K. S. **Física I**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SAMPAIO, J. L; CALÇADA, C. S. **Universo da Física I: Mecânica**. São Paulo: Atual, 2005.

SAMPAIO, F. F. **Surgimento e evolução da destinação Xingó: conflitos, cooperação e desenvolvimento**. 2017. 108 f. Dissertação (Geografia) - UFAL, Maceió, 2017.

SANTOS, A. F. dos. Utilização do software Tracker como ferramenta auxiliar no estudo dos gráficos do M.U e M.U.V. **COINTER - PDVL**, 2018.

SOUSA, J. V. de O; ET AL. A caça de animais na comunidade Quilombola Costaneira, em Paquetá do Piauí: entre mitos e crenças. **MARUPIARA**, v. 5, n. 6, p. 17-38, 2020.

SOUSA, A. S; OLIVEIRA, S.O; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. Cadernos da Fucamp, v. 20, n. 43, p. 64-68, 2021.

SOUZA, C. A. **Estudo do lançamento oblíquo utilizando réplicas de armas medievais**. 2020. 182 f. Dissertação (Ensino de Física) – UFRGS, Tramandaí, 2020.

SCHMIGUEL, K; VARGAS, K. B; TRATZ, E. do B. **Configuração geológico-geomorfológica e evolução da paisagem dos canyons da região de Campos de Cima da Serra - Sul do Brasil**. (s/d).

TEODORA ENS, R. . Relação professor, aluno, tecnologia: espaço para o saber, o saber fazer, o saber conviver e o saber ser. **Colabora**, v. 1, n.1, p. 37-44, Curitiba, 2002.

TIPLER, P. A; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: Mecânica, oscilações, ondas e termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

YAMAMOTO, K; FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio**: Mecânica I. 4. ed. São Paulo: Soraiva, 2016.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. **Física I**: Mecânica. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

ZAVALE, N. C; NOVELE, B. B. (Coord). **Física**: módulo I. Moçambique, s/d.

APÊNDICE – PLANO DA PALESTRA

 INSTITUTO FEDERAL Piauí	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ - Campus Picos
	PLANO DA PALESTRA
	C. H. Teórica: 30 min
	Ministrante: Raila Leal Silva, discente do curso de Física IX.

TEMA
Uso do <i>software Tracker</i> para estudo e ensino da Cinemática no contexto do mini Cânion Sucavão na Cidade de Paquetá do Piauí.

PÚBLICO-ALVO
Discentes do primeiro período do curso de Licenciatura em Física do IFPI campus Picos.

DATA E LOCAL
A realizar-se no dia 30 de junho de 2022, quinta-feira às 20h no IFPI campus Picos, bloco C, sala C3.

OBJETIVOS
• Apresentar o trabalho de conclusão de curso II titulado como “Uso do <i>software Tracker</i> para estudo e ensino da Cinemática no contexto do mini Cânion Sucavão na Cidade de Paquetá do Piauí” da própria autoria; • Apontar o uso da Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física; • Mostrar a importância do uso do Software para o ensino e aprendizagem da Cinemática no primeiro ano do Ensino Médio; • Discutir as dificuldades, avanços e ganhos encontrados durante o desenvolvimento do trabalho.

--

METODOLOGIA

- Será desenvolvido através da exposição do trabalho em forma de palestra possibilitando discussões acerca das ferramentas metodológicas, e suas construções, utilizadas na pesquisa e dos resultados alcançados e as dificuldades encontradas durante esse período.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Diálogo expositivo;
- Uso do software *Tracker*;
- Projeção de slides;
- Quadro, pilotos e apagador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALÇADA, C. S; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica**: cinemática. 2. ed. São Paulo: Atual, 1998.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**: mecânica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. 4. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2002.
- SOUZA, C. A. **Estudo do lançamento oblíquo utilizando réplicas de armas medievais**. 2020. 182 f. Dissertação (Ensino de Física) – UFRGS, Tramandaí, 2020.

Picos-PI, 28 de julho de 2022.



Raila Leal Silva