



USO DE EXPERIMENTOS E APLICATIVOS DE ANÁLISE DE DADOS NO ENSINO DA 2ª LEI DE NEWTON

Rainner dos Santos Carvalho

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

Orientador(a)

Prof. Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Rio Branco - AC
Dezembro - 2020

USO DE EXPERIMENTOS E APLICATIVOS DE ANÁLISE DE DADOS NO ENSINO DA 2ª LEI DE NEWTON

Rainner dos Santos Carvalho

Orientador(a):

Prof. Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Federal do Acre (UFAC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Presidente (orientador): Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Titular interno: Dr. Marcelo Castanheira da Silva

Titular externo: Dra. Luciene Batista da Silveira

Suplente interno: Dra. Esperanza Lucila Hernandez Angulo

Suplente externo: Dr. Mateus Bruno Barbosa

Rio Branco - AC
Dezembro - 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p	<p>Carvalho, Rainer dos Santos</p> <p>USO DE EXPERIMENTOS E APLICATIVOS DE ANÁLISE DE DADOS NO ENSINO DA 2ª LEI DE NEWTON/ Rainer dos Santos</p> <p>Carvalho - Acre: UFAC, 2020.</p> <p>viii, 77 f.: il.;30cm.</p> <p>Orientador: Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta</p> <p>Dissertação (mestrado) – UFAC / Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2020.</p> <p>Referências Bibliográficas: f. 40 -41.</p> <p>1. Ensino de Física. 2. Experimentos. 3. Tecnologias. 4. Softwares. I. Carvalho, Rainer dos Santos. II. Universidade Federal do Acre, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Segunda Lei de Newton: Conceitos, Experimentos e análises.</p>
-------	---

Dedico esta dissertação a Deus, aos meus pais, Raimundo Nonato Matos de Carvalho e Girleide Alves dos Santos, que me apoiaram durante esta minha trajetória, me incentivando a realizar todas as etapas com êxito. Aos meus irmãos Manassés, Helen e Yasmin, que me acolheram com tanto carinho, e sempre estiveram me apoiando neste estudo, fazendo o possível para essa conquista.

Agradecimentos

A Deus por ter me mantido disposto e ter me instruído para ler e poder escrever.

Ao meu orientador, Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta, por sua disponibilidade, sempre que precisei esteve me ajudando com paciência e pela sua motivação.

A Universidade Federal do Acre, por fornecer um polo do programa de mestrado.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao polo e ao programa de mestrado.

A todos os professores da graduação que me incentivaram a estar no curso e professores do programa de mestrado que estiveram me apoiando seja direta ou indiretamente.

Aos meus colegas da turma de mestrado, pela união, apoios e incentivos prestados para o bom andamento do curso.

RESUMO

USO DE EXPERIMENTOS E APLICATIVOS DE ANÁLISE DE DADOS NO ENSINO DA 2ª LEI DE NEWTON

Rainner dos Santos Carvalho

Orientador(es):

Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

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

Este trabalho apresenta uma proposta educacional para o ensino da segunda lei de Newton, utilizando como ferramenta de ensino o *software* livre para usuários Tracker e o programa de análise de dados Excel ou alternativamente o *software* livre LibreOffice Calc para alunos do primeiro ano do ensino médio. A proposta pode ser adaptada facilmente para o uso de outros softwares de vídeo e de análise de dados. O principal objetivo é proporcionar uma sequência didática utilizando experimentos e a tecnologia mencionada acima, como auxílio no ensino e aprendizagem, assim como destacar a importância do uso das tecnologias no ensino de Física, tornar o ensino deste tema através dos experimentos visível para os alunos e analisar a influência do uso de aplicativos e vídeos no ensino. A utilização dos experimentos aliados a vídeo e tecnologia computacional, para o ensino de Física, é um modo de incentivar o estudo dos alunos nessa disciplina, despertar o interesse deles em aprender física, fazendo uso da linguagem verbal e não verbal, daquilo que está próximo da utilização do aluno, considerando um contexto sócio interativo para uma aprendizagem significativa, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes relacionados ao movimento. Neste sentido, fazer uso de experimentos com o que os alunos irão conviver durante este conteúdo, realizando um estudo com auxílio do vídeo que será inserido ao *software* de coleta de dados, para posteriormente transferir estes dados para análise, pode ser uma possibilidade incitante e promissora para o aprendizado dos estudantes em relação a segunda lei de Newton. A metodologia de pesquisa utilizada foi qualitativa, pois se tem o interesse de avaliar se realmente houve indícios de aprendizado em relação ao conteúdo proposto. A prática educacional foi realizada em sala de aula no ensino da segunda lei de Newton, obteve resultado positivo no entendimento dos alunos, relatando que o método utilizado facilitou o seu aprendizado e ajudou com os cálculos, realizando a ligação com os conteúdos já estudados e o compartilhamento de ideias, também foi adquirida a compreensão teórica e prática, com o uso dos experimentos do trilho de ar e máquina de atwood, tendo seus dados aplicados nos aplicativos Tracker e Excel. O presente trabalho foi aplicado numa escola de rede pública de ensino de Rio Branco - Acre, com os alunos de duas turmas de primeiro ano do ensino médio. Os alunos reconheceram o uso dos subsunçores, e a importância do compartilhamento de ideias através do sociointeracionismo, que proporcionaram a melhor concepção da segunda lei de Newton.

Palavras-chave: Ensino de Física. Experimentos. Tecnologias. *Software*.

ABSTRACT

USE OF EXPERIMENTS AND APPLICATIONS OF DATA ANALYSIS IN THE TEACHING OF NEWTON'S 2LD

Rainner dos Santos Carvalho

Supervisor(s):

Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal do Acre) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work presents an educational proposal for the teaching of Newton's second law, using as a teaching tool the free software for users Tracker and the Excel data analysis program or alternatively the free software LibreOffice Calc for students of the first year of high school. The proposal can be easily adapted to use any video and data analysis software. The main objective is to provide a didactic sequence using experiments and the technology mentioned above, as an aid in teaching and learning, as well as highlighting the importance of using technologies in the teaching of Physics, making the teaching of this theme through experiments visible to students and analyze the influence of the use of applications and videos in teaching. The use of experiments combined with video and computer technology for teaching Physics is a way to encourage students to study this discipline, to arouse their interest in learning physics, using verbal and non-verbal language, of what is close to student use, considering a socio-interactive context for meaningful learning, based on the students' prior knowledge related to the movement. In this sense, making use of experiments with what students will live with during this content, conducting a study with the aid of the video that will be inserted into the data collection software, to later transfer this data for analysis, can be an inciting and promising possibility for student learning in relation to Newton's second law. The research methodology used was qualitative, as there is an interest in assessing whether there was really learning if the student had knowledge of the content that was applied. The educational practice carried out in the classroom in the teaching of Newton's second law, obtained a positive result in the understanding of the students, making the connection with the contents already studied and the sharing of ideas, theoretical and practical understanding was acquired. The present work was applied in a public school, with students from two first-year high school classes.

Keywords: Physics Teaching. Experiments. Technology. Software.

Lista de Tabelas

TABELA 1 - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	43
-------------------------------------	----

Lista de Figuras

FIGURA 1 - ESQUEMA DO EXPERIMENTO DO TRILHO DE AR.	14
FIGURA 2 - ESQUEMA DO EXPERIMENTO DA MÁQUINA DE ATWOOD.	15
FIGURA 3 - GRÁFICO E EQUAÇÃO FORNECIDOS EXPERIMENTALMENTE, NO EXEMPLO DO TRILHO DE AR.	16
FIGURA 4 - GRÁFICO INVERSO DA SOMA DAS MASSAS X ACELERAÇÃO.	17
FIGURA 5 - GRÁFICO E EQUAÇÃO FORNECIDOS EXPERIMENTALMENTE, NO EXEMPLO DA MÁQUINA DE ATWOOD.	18
FIGURA 6 - TELA INICIAL DO TRACKER.	23
FIGURA 7 - TRACKER COM VÍDEO ADICIONADO.	24
FIGURA 8 - ADICIONANDO EIXOS DE COORDENADA.	24
FIGURA 9 - EIXOS POSICIONADOS.	25
FIGURA 10 - ADICIONANDO PONTOS DE TRAJETÓRIA.	26
FIGURA 11 - ADICIONANDO PONTOS DE TRAJETÓRIA.	26
FIGURA 12 - APLICANDO A FITA DE CALIBRAÇÃO.	27
FIGURA 13 - MEDIDA NA FITA DE CALIBRAÇÃO.	27
FIGURA 14 - DEMARCANDO OS PONTOS DE TRAJETÓRIA.	28
FIGURA 15 - PONTOS DE TRAJETÓRIA DEFINIDOS.	29
FIGURA 16 - VISUALIZAÇÃO DO GRÁFICO DE VELOCIDADE.	29
FIGURA 17 - COPIANDO DADOS DO TRACKER.	30
FIGURA 18 - INSERINDO COLUNAS DE TEMPO $t(s)$ E POSIÇÃO $x(cm)$	31
FIGURA 19 - INSERINDO GRÁFICO.	31
FIGURA 20 - INSERINDO LINHA DE TENDÊNCIA.	32
FIGURA 21 - EXIBINDO AS EQUAÇÕES NO GRÁFICO.	32
FIGURA 22 - ARRANJO EXPERIMENTAL COMPLETO.	33
FIGURA 23 - TRILHO DE AR.	34
FIGURA 24 - BALÃO DE 16 POLEGADAS.	35
FIGURA 25 - ROLDANA.	35
FIGURA 26 - FIO DE SEDA.	36
FIGURA 27 - CAIXA.	36
FIGURA 28 - PESOS.	37
FIGURA 29 - SECADOR DE CABELO.	37
FIGURA 30 - TRILHO DE AR COM BALÃO.	38
FIGURA 31 - ARRANJO EXPERIMENTAL DA MÁQUINA DE ATWOOD.	39
FIGURA 32 - ROLDANA.	39
FIGURA 33 - FIO DE SEDA.	40
FIGURA 34 - PESOS.	40
FIGURA 35 - ARRANJO DO EXPERIMENTO COM O TRILHO DE AR.	42
FIGURA 36 - ARRANJO EXPERIMENTAL DA MÁQUINA DE ATWOOD.	43
FIGURA 37 - FOTO DOS ALUNOS EM SALA.	44
FIGURA 38 - ALUNOS EM GRUPO.	45
FIGURA 39 - UTILIZANDO EXPERIMENTO.	46
FIGURA 40 - UTILIZANDO A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO.	46
FIGURA 41 - ALUNOS UTILIZANDO OS APLICATIVOS.	47
FIGURA 42 - CÁLCULOS DOS ALUNOS.	47
FIGURA 43 - GRÁFICO ELABORADO PELOS ALUNOS.	48
FIGURA 44 - RESULTADO OBTIDO PELOS ALUNOS.	48
FIGURA 45 - PRIMEIRA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	50
FIGURA 46 - SEGUNDA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	50
FIGURA 47 - TERCEIRA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	51
FIGURA 48 - QUARTA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	52
FIGURA 49 - PRIMEIRA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	53
FIGURA 50 - SEGUNDA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	53
FIGURA 51 - TERCEIRA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	54
FIGURA 52 - QUARTA PERGUNTA DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.	54
FIGURA 53 - QUINTA PERGUNTA DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO, APLICADO NA TURMA "A".	57
FIGURA 54 - QUINTA PERGUNTA DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO, APLICADO NA TURMA "C".	58
FIGURA 55 - SEXTA PERGUNTA DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO, APLICADO NA TURMA "A".	58
FIGURA 56 - SEXTA PERGUNTA DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO, APLICADO NA TURMA "C".	59

Lista de Equações

EQUAÇÃO 1 – EQUAÇÃO DO MOMENTO.....	11
EQUAÇÃO 2 - DERIVADA DO MOMENTO.	12
EQUAÇÃO 3 - EQUAÇÃO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON.....	12
EQUAÇÃO 4 - SEGUNDA LEI DE NEWTON EM RELAÇÃO A POSIÇÃO.....	12
EQUAÇÃO 5 - FORÇA RESULTANTE EM UM SISTEMA DE PARTÍCULAS.....	12
EQUAÇÃO 6 - ACELERAÇÃO DIRETAMENTE PROPORCIONAL À FORÇA.	13
EQUAÇÃO 7 - ACELERAÇÃO PARA O EXPERIMENTO DO TRILHO DE AR.....	14
EQUAÇÃO 8 - ACELERAÇÃO PARA EXPERIMENTO DA MÁQUINA DE ATWOOD.....	16
EQUAÇÃO 9 - EQUAÇÃO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON.....	85
EQUAÇÃO 10 - ACELERAÇÃO DIRETAMENTE PROPORCIONAL À FORÇA.	85
EQUAÇÃO 11 - ACELERAÇÃO PARA O EXPERIMENTO DO TRILHO DE AR.....	86
EQUAÇÃO 12 - ACELERAÇÃO PARA EXPERIMENTO DA MÁQUINA DE ATWOOD.....	90

Sumário

Introdução.....	1
Capítulo 1 Revisão de literatura	4
1.1 Experimentos no ensino de Física	4
1.2 Tecnologia da informação no ensino	5
1.3 Uso de vídeos no ensino	6
1.4 Tracker no ensino de Física.....	7
Capítulo 2 Fundamentação Teórica	11
2.1 Primeira Lei de Newton.....	11
2.2 Segunda Lei de Newton	11
2.3 Terceira Lei de Newton	13
2.4 Teoria de Vygotsky	20
2.5 Teoria de Ausubel	21
2.6 Tracker.....	23
2.6.1 Transferindo dados para o Excel.....	30
Capítulo 3 Procedimentos metodológicos	33
3.1 Procedimentos de atividades	33
3.1.1 Atividade 1: Experimento com trilho de ar	33
3.1.2 Atividade 2: Experimento da Máquina de Atwood	38
3.2 Procedimentos junto a instituição de ensino.....	40
3.3 Aula ministrada: aplicação do produto educacional	41
3.3.1 Ensino a respeito da segunda lei de Newton	41
3.3.2 Aplicação do questionário 1	42
3.3.3 Apresentação das ferramentas de ensino: Experimentos e Tracker	42
3.3.4 Ensino da segunda Lei de Newton com o uso dos experimentos	42
3.3.5 Demonstração com o uso do Tracker e Excel.....	42
3.3.6 Aplicação da segunda Lei de Newton.....	42
3.3.7 Inserção no Tracker e Excel.....	43
3.3.8 Aplicação do questionário 2	43
3.4 Sequência didática e técnica de análise de dados	43
Capítulo 4 Resultados e Discussões	49
4.1 Conhecimentos prévios de conceitos já estudados	49
4.2 Declaração dos alunos a respeito do guia utilizado.....	55
Conclusão	62
Referências Bibliográficas	63

Apêndice A Produto Educacional.....	67
Apêndice B Questionários	97

Introdução

O ensino de Física através do uso de experimentos tem se tornado cada vez mais frequente, verifica-se esse fato através da análise feita por Holz, Battistel e Suerwein (2020), que realizaram um levantamento sobre os artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física relacionados as atividades experimentais no período de 2002 a 2017. Os dados coletados apresentaram um aumento na quantidade de metodologias educacionais utilizando experimentos, visto que em 2002 foram publicados 3 artigos e em 2017 foram 14 artigos publicados.

Sobre atividades experimentais, Caldas (2017), elaborou seu trabalho utilizando experimentos sobre acústica, proporcionando também uma proposta para surdos. Foram aplicados em seu trabalho 3 experimentos sobre o tema em uma escola pública de ensino médio, e como resultado destaca-se a importância da associação de teorias e práticas educacionais, concluindo que grande parte dos alunos relataram que a aula se tornou mais proveitosa com esta abordagem e que suas dificuldades conceituais diminuiriam.

O trabalho de Oliveira (2020), utiliza um experimento relacionado a reflexão interna total da luz, consistia em determinar o índice de refração para diferentes pedaços de vidro com diferentes espessuras. Este aplicou sua proposta de ensino em uma escola de ensino médio da rede pública, concluindo que a atividade experimental foi de grande importância para o ensino, tornando o aluno protagonista no processo de aprendizagem, por permitir que esteja manuseando o material, interagindo e questionando, tendo uma melhor participação em sua formação.

O trabalho desenvolvido por Santos (2019), apresenta uma metodologia utilizando experimentos reais e virtuais aplicados em sala de aula referente a eletricidade, onde concluiu que ambos foram positivos nos aspectos de assimilação do conteúdo, interesse e motivação. É destacada a importância do trabalho real, onde o aluno entra em contato o fenômeno físico realizando medidas e obtendo dados de algo prático elaborado por ele.

A importância do uso de tecnologias é destacada por Severo (2016), pois, está presente no cotidiano da sociedade contemporânea. A proposta dos autores consiste no uso de ferramentas de simulação, para o estudo de referenciais inerciais e não-inerciais, utilizando os conhecimentos de cinemática e dinâmica. O produto foi aplicado em uma escola pública do ensino médio, utilizando simulações com base nos eventos do dia a dia. Concluiu, portanto, que os alunos se identificaram com a ferramenta tecnológica, aumentou o interesse e a interação entre alunos e professor, tornando assim, o ensino mais eficaz.

De maneira positiva, a tecnologia pode ser implementada na sala de aula como ferramenta de ensino, outro exemplo disso, cita-se o trabalho de Pereira (2015), que também obteve êxito na

aplicação de tecnologias de informação e comunicação TIC's. Este aplicou as tecnologias em sala de aula realizando o estudo de mecânica, e teve resultados positivos entre os alunos, alcançando bom aprendizado. Ressalta-se o uso do Tracker para realizar a análise dos experimentos.

Neste pensamento, relacionando experimentos e tecnologias, Bezerra et al (2012) destacam que o uso do aplicativo Tracker esteja em harmonia com a modernização do saber escolar, de modo que as atividades experimentais possuam a função mediadora no ensino dos conteúdos, visando o melhor entendimento dos alunos. Desta maneira, é possível obter-se o ensino-aprendizagem mais centrado no aluno, onde o próprio estudante está aplicando o experimento físico e analisando os dados utilizando ferramentas tecnológicas, como celular para filmar e computador para realizar a coleta e análise dos dados.

Visto o sucesso de metodologias experimentais e tecnológicas no ensino de física, indaga-se de que maneira é possível atingir a aprendizagem significativa aliando experimentos sobre a segunda Lei de Newton, com as tecnologias de aplicativos para análise de dados? De qual forma a segunda Lei de Newton pode ser melhor compreendida utilizando metodologias de ensino que usem o Tracker e Excel para realizar a análise de dados de experimentos de Física? Como despertar interesse e motivação dos alunos para o estudo deste conteúdo utilizando experimentos e os aplicativos Tracker e Excel?

O trabalho teve, como objetivo geral, proporcionar o ensino da segunda lei de Newton utilizando experimentos em conjunto com os aplicativos Tracker e Excel. Os objetivos específicos foram a produção e aplicação de um produto educacional, na forma de um guia prático, empregando um trilho de ar e a máquina de Atwood, buscando incentivar e facilitar a aprendizagem do conteúdo proposto e a aplicação de questionários para avaliar o produto proposto.

A proposta de ensino trabalhada, consiste em uma sequência didática sociointerativa buscando a aprendizagem significativa, fazendo uso de subsunçores. A metodologia aplicada constitui-se na realização e gravação de dois experimentos, o primeiro a ser estudado foi o trilho de ar, de fabricação caseira, confeccionado em acrílico por uma gráfica, utilizado para comprovar a segunda lei de Newton, e o segundo a máquina de Atwood, de fácil produção com o uso de uma roldana, fio de seda e objetos de massas conhecidas, para aplicação desta lei. Em ambas as atividades práticas foram obtidos dados a partir dos vídeos produzidos, sendo recolhidos os dados do movimento dos objetos sujeitos a força aplicada, através do aplicativo Tracker. Posteriormente, os dados foram analisados com o auxílio do Excel ou LibreOffice. Esta proposta de ensino foi executada em 4 aulas de 50 minutos para desenvolver a teoria e a prática de experimentos, coleta e análise dos dados experimentais obtidos. Inicialmente, foi aplicado um questionário relacionado aos conhecimentos prévios com duas perguntas e dois exercícios, seguido pela aula teórica e prática com o uso dos

experimentos, a aplicação do Tracker e em seguida a análise dos dados experimentais no Excel/LibreOffice.

O produto educacional foi aplicado em duas turmas do primeiro ano do ensino médio em uma escola pública de Rio Branco - Acre. A aprendizagem foi avaliada utilizando questionários e depoimentos dos alunos. Este trabalho abrange o ensino da segunda lei de Newton, porém é possível adaptá-lo a outros assuntos da mecânica.

O decorrer deste trabalho desenvolve-se através de quatro capítulos, sendo o primeiro capítulo tratando-se de uma revisão de literatura, que está dividido em quatro temas: experimentos no ensino de Física, tecnologia da informação no ensino, uso de vídeo no ensino e tracker no ensino de física assim como programa de análise de dados em geral e excel, onde serão abordadas algumas experiências de trabalhos anteriormente realizados utilizando estas tecnologias como ferramenta de ensino.

Durante o segundo capítulo, são apresentadas as fundamentações teóricas, iniciando-se com as leis de Newton divididas em três seções, primeira, segunda e terceira lei de Newton. Logo após, nas seções 2.4 e 2.5 encontram-se as teorias de aprendizagem utilizadas, onde estão abordadas as teorias de Vigotsky e Ausubel com foco na metodologia de pesquisa a ser empregada. Nas seções 2.6 e 2.6.1, encontram-se os passos que foram seguidos na construção da coleta de dados no Tracker e análise dos dados no Excel.

No terceiro capítulo, situam-se os procedimentos metodológicos a serem aplicados na construção e na aplicação do produto educacional, encontra-se subdividido em: delineamento do trabalho, público alvo e aula ministrada: aplicação do produto educacional. Durante o quarto capítulo, são expostos e analisados os resultados obtidos da pesquisa realizada. Ao final, encontra-se o apêndice A com o produto educacional desenvolvido e o apêndice B com os questionários utilizados.

Capítulo 1

Revisão de literatura

A Física é uma ciência experimental, onde as teorias são comprovadas a partir de diversos experimentos realizados, demonstrando que uma ideia é válida. Como exemplo de experimento simples usado, temos Eratóstenes, este ficou sabendo, que em uma cidade a 800 Km de distância de onde morava, ao meio dia um objeto não produzia sombra, fincou uma vareta no chão e obteve sombra na sua cidade, sendo assim, concluiu que a terra é curva, e a partir deste experimento simples, com alguns cálculos básicos conseguiu chegar a circunferência da terra de 40.000 Km errando apenas por 75 Km dos dados atuais, fazendo uso de tecnologias, nos dias atuais tem-se fotos e dados mais precisos que comprovam tais afirmações de Eratóstenes. (Vargas, 1996)

Outro exemplo de experimento comprovando as leis da física, é o de Oersted, este percebeu que ao aproximar de uma corrente elétrica a agulha imantada de uma bússola, causava variações sobre ela, geralmente, a agulha aponta para o norte geográfico, porém quando o circuito era ligado ela era defletida, sendo assim, concluiu que um fio por onde esteja passando corrente elétrica, está atuando como um ímã. (Chaib e Assis, 2007)

Mais recentemente, em 2016, foram observadas as ondas gravitacionais de uma fusão de buraco negro binário, por B. P. Abbott et al, como previsto pela teoria da relatividade geral. Destaca-se o uso de uma avançada tecnologia utilizada neste experimento, que nos permite uma reflexão em como os experimentos vem se tornando cada vez mais modernos, como podemos ver nos três experimentos citados.

No decorrer deste capítulo, serão apresentadas algumas declarações de autores de artigos, dissertações e do Guia de Tecnologias Educacionais (GTE) (Brasil, 2013), relacionadas as tecnologias da informação e comunicação (TICs) no ensino, uso de vídeos no ensino, o uso do tracker no ensino de Física e o uso *softwares* de análises de dados em geral e Excel, as três seções citadas contém uma abordagem com resultados positivos e suas limitações no ensino e aprendizagem.

1.1 Experimentos no ensino de Física

O ensino com o uso de experimentos pode ir além de uma aula comum. O estudo realizado por Martinho e Soares (2019), utilizaram uma metodologia para o estudo da refração e lei angular, seu estudo fez uso de um feixe laser, lentes acrílicas, esquadro e régua milimétrica, com o objetivo de encontrar a posição da imagem após ser refratada. Durante a aplicação foi deduzida a equação de Snell-Descartes para a refração com o uso da geometria básica. A metodologia experimental aplicada com alunos do ensino médio obteve êxito, os estudantes discutiram sobre o conceito do índice de refração e os estudantes obtiveram uma melhor compreensão das leis da Física.

Em seu trabalho Araújo et Al (2017), elaboraram uma pesquisa utilizando diversos experimentos relacionados a Óptica utilizando espelhos, a metodologia proposta pelos autores foi aplicada em uma escola pública, em seus resultados, é possível observar que obtiveram êxito ao aplicar o ensino com o uso de experimentos, declaram que “o aluno se sente participante da construção de seu próprio conhecimento, supera a passividade de uma aula puramente expositiva e assume um papel atuante na sua própria educação”, tornando assim o aprendizado cada vez melhor.

O ensino de Física com o uso de experimentos, é de grande importância para o processo de ensino aprendizagem dos alunos, pois desta maneira, o aluno estará mais próximo do fenômeno que está sendo estudado nas teorias e nos cálculos a serem resolvidos. Ao longo do tempo, a análise dos dados de experimentos físicos tem evoluído fazendo uso de tecnologias. O uso de dados coletados em um experimento associados a análise gráfica e sua interpretação, são de grande importância para o campo científico, alguns exemplos de aplicativos utilizados para análise de dados são: Origin, Matlab, R, Wolfram Mathematica, LibreOffice e o que foi utilizado nesse trabalho, o Excel.

1.2 Tecnologia da informação no ensino

As TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) estão cada dia mais presentes em nossas vidas, inclusive no meio de trabalho, com o pensamento que algo surge tecnologicamente para auxiliar e facilitar o desenvolvimento das tarefas, em particular, as relacionadas ao ensino e aprendizagem. Visando isto, vale observar o que diz o GTE (Guia de Tecnologias em Educação) do Ministério da Educação, Brasil, 2013:

“(...)embora considere importante a utilização de tecnologias de qualidade com vistas à melhoria da educação, alerta que o seu uso se torna desprovido de sentido se não estiver aliado a uma perspectiva educacional comprometida com o desenvolvimento humano, com a formação de cidadãos, com a gestão democrática, com o respeito à profissão do professor e com a qualidade social da educação.” (Brasil, 2013, p. 10)

Para Leal e Oliveira (2019), em seu artigo sobre “Utilização de plataformas interativas e novas tecnologias no ensino de Física das radiações para cursos da área de saúde” falando sobre o ensino/aprendizagem, novas formas de ensinar, destacam que “Com o ensino de Física não é diferente; não existe mais espaço para a aula tradicional, necessita-se de formas atuais tecnológicas para melhores práticas e melhor transição no processo do ‘saber’”. Sendo assim, percebe-se que ao serem utilizadas de maneira correta, as tecnologias serão fundamentais para o melhor entendimento do aluno, os pesquisadores continuam afirmando que podem ser aliados ao uso de tecnologias, os experimentos de baixo custo, como são os experimentos utilizados neste trabalho.

Em seu trabalho, Coelho (2002) comenta que as relações se modificam, outras são criadas, e a tecnologia nova modifica o ambiente de maneira profunda. Essa nova tecnologia tem um poder

grandioso. A algum tempo atrás quando foi criado o quadro-negro e giz, era a tecnologia do momento, basicamente era o essencial na educação, e juntos modificaram o ambiente das salas de aula da época.

Hoje vivemos os dias em que os computadores recebem as ferramentas para nos servir de auxílio, e facilitar o processo de ensino e aprendizagem, nesta perspectiva, ressalta-se os aplicativos de coleta e análise de dados utilizados neste trabalho, Tracker e Excel. A partir de vídeos desenvolvidos dos experimentos desenvolvidos pelos alunos, foram obtidos resultados que apontam um bom desempenho de experimentos aliados a tecnologias.

1.3 Uso de vídeos no ensino

Vídeos são um meio de transmissão de conhecimento utilizado fortemente na atualidade pelas instituições de ensino por meio de vídeo conferência e pela mídia de televisão através de documentários.

Neste assunto, para Freitas e Oliveira (2015) graças ao desenvolvimento dos tablets e smartphones, esses recursos estão acessíveis aos estudantes e o seu uso pode ter grandes vantagens, principalmente por conta da motivação gerada pela quebra da rotina da sala de aula. Estes recursos de vídeo estão cada vez mais próximos das pessoas, o acesso a dispositivos que possam gravar vídeos é uma realidade para os alunos.

Os alunos chegam nas aulas carregados de energia a fim de aprender algo novo, motivador, atraente e significativo, justamente por estarem ligados aos meios visuais de celulares, computadores e televisões.

Para Wrasse et al (2014) “Com o desenvolvimento tecnológico das câmeras de vídeo de qualidade profissional câmeras rápidas, alguns cientistas se apoderaram da técnica para estudar diversos eventos naturais que são de difícil visualização através dos olhos humanos.” O trabalho, bem sucedido, realizado por Wrasse, consiste no estudo do impulso de uma força, com o objetivo de medir a qualidade do cinto de segurança, para isso foi gravada uma colisão de um automóvel e transferido o vídeo para o tracker afim de coletar dados do experimento.

Desta forma, pode-se observar a influência dos vídeos científicos na prática de ensino aprendizagem como fator positivo, visto que o mesmo permitiu uma melhor organização em suas mentes, assim como puderam observar e reconhecer o fenômeno de maneira clara em diversos alunos. O uso dos vídeos, obteve resultados positivos para o ensino de Física nos exemplos citados nesta seção, em especial, no trabalho de Wrasse, que utilizou ainda o tracker, ferramenta também utilizada neste trabalho.

Neste contexto, deve atentar-se para pontos importantes ao realizar a utilização de vídeo como material de ensino, pontos descritos por Pereira (2018), que aplicou diversos experimentos utilizando análise de vídeos com o uso do Tracker.

“A utilização de um smartphone e de um computador com o software Tracker nos possibilitam tornar o conceito de aceleração mais acessível, facilitando, consequentemente, a compreensão da 2ª lei de Newton. Pode-se responder empiricamente, na sala de aula, a diversas questões que são levantadas pelos estudantes, tais como: a resistência do ar é realmente desprezível no movimento de uma caneta que cai da mesa ao chão? O atrito cinético é uma força constante? As componentes horizontal e vertical do movimento de um projétil têm realmente velocidade e aceleração constantes, respectivamente? A 2ª lei de Newton realmente é útil para prever características do movimento de objetos, como o da máquina de Atwood?” (Pereira, 2018, p.2 e 3)

Em sua conclusão, Pereira destaca que esta abordagem realizada com esse método possui grande vantagem ao ser aplicado em sala de aula, substituindo os desenhos por montagens reais e utilizando valores reais para as grandezas do movimento realizado.

A utilização de vídeos para realizar o estudo da segunda lei de Newton, facilita a compreensão do aluno em reconhecer aquele fenômeno executado no experimento em seu dia a dia. O estudo desta dissertação, visa apresentar ao aluno que a aceleração é diretamente proporcional à força. Estes vídeos foram transferidos para o aplicativo Tracker, que foi utilizado para recolher os dados de posição em relação ao tempo, permitindo com esses dados, obter o gráfico do movimento e a sua equação.

1.4 Tracker no ensino de Física

O uso do Tracker como ferramenta de ensino e aprendizagem tem se tornado eficaz, como exemplo, tem-se o trabalho desenvolvido por Sirisathitkul, Glawtanong e Eadkong (2013), que realizaram o estudo de dois experimentos, o movimento de objetos em queda livre no ar e em meios líquidos, foi comparado o movimento nos diferentes meios e concluído com êxito, onde concluíram afirmando que “Os resultados experimentais foram então comparados com equações fundamentais da mecânica para verificar a técnica. No caso de queda no ar, o movimento pode ser aproximado como queda livre e o valor g de alta precisão foi obtido.” Continuaram ainda declarando que “No caso de queda no glicerol, os resultados são compatíveis com a lei de Stokes e foi mostrada a evolução da velocidade média até atingir a velocidade terminal.”

No trabalho desenvolvido por Sirisathitkul, Glawtanong e Eadkong, em ambos os meios foram obtidos resultados bons, onde foram comprovadas as teorias com experimentos, utilizando meios tecnológicos de vídeo e de aplicativo para obtenção de dados. Vale ressaltar, que apesar de não ter sido aplicado em sala de aula, esta proposta de ensino tem grande valor para o processo de ensino aprendizagem, visto que este estudo dos movimentos, utiliza experimentos simples de baixo custo que podem ser aplicados facilmente pelo professor.

Com base na experiência obtida por Pereira (2018) “A utilização de um smartphone e de um computador com o software Tracker nos possibilitam tornar o conceito de aceleração mais acessível, facilitando, conseqüentemente, a compreensão da 2ª lei de Newton.”

Pode-se observar fatores importantíssimos para o bom andamento de uma aula, afinal, quanto maior o interesse do estudante, mais atento estará ao conteúdo, e isto contribui para participação do estudante no meio social da sala de aula, argumentando em uma linguagem diferente que possa contribuir para o entendimento de outros estudantes compartilhando conhecimento, através do uso do Tracker, o indivíduo estará podendo observar o fenômeno físico e reconhecer que a Física não é somente equações com números, mas sim, um fenômeno real que está presente em seu dia a dia.

Contribuindo para o bom andamento de uma aula, alcançando objetivos, ainda relatam os autores, Jesus e Sasaki (2014), em seu trabalho onde abordam o conteúdo de atrito cinético e atrito de rolamento

“O software permite marcar e localizar, em cada quadro do vídeo, a posição e o tempo de qualquer parte corpo, dando origem a uma tabela de dados. A partir desses dados, é possível calcular o valor da velocidade do centro de massa por interpolação simples e construir o seu gráfico em função do tempo” (Jesus e Sasaki, 2014)

Em seu trabalho, Jesus e Sasaki ainda concluíram afirmando que “O software Tracker provou ser uma ferramenta eficiente para a obtenção de medidas de posição do centro de massa e de tempo, no caso do rolamento de um corpo com e sem deslizamento.” o que motiva ainda mais e torna sólida a ideia de aliar experimentos, o uso de vídeos e aplicativo para análise de dados, visto estes exemplos citados nesta seção obterem sucesso em sala de aula. O trabalho proposto por estes autores, assim como a proposta desenvolvida nesta dissertação, observa que, mesmo sem a escola obter um laboratório de Física, é possível trazer estes experimentos de baixo custo para sala de aula, e tornar o ensino diversificado, e atraente para o aluno.

Ainda sobre o trabalho de Jesus e Sasaki, um dos objetivos de uma aula relacionada a movimento é interpretar gráficos do ocorrido, através do Tracker pode ser feita a relação com o vídeo apresentado para que seja realizado o estudo gráfico do acontecimento, constatando que a física é um estudo teórico e experimental. Seu trabalho consiste na análise do vídeo de uma pessoa andando devagar e depois rápido, movimento de uma pessoa correndo, movimento de uma pessoa de skate e andando de bicicleta. Os autores obtiveram uma contribuição importante no aprendizado utilizando esse método de ensino, alcançando um bom rendimento no entendimento dos alunos, utilizando experimentos de baixo custo, vídeo e o aplicativo Tracker, apresentando a boa ideia de unir experimentos a vídeos e aplicativos de análise de dados.

Os autores Bezerra Jr. et al (2012), desenvolveram um trabalho, que consistiu em realizar em sala de aula com uma turma, o estudo do movimento parabólico e Segunda Lei de Newton, com o uso de experimentos, e aplicativos, realizando a análise de dados, diante do cenário, declararam que “Em contraste, o uso do Tracker possibilita que os estudantes percebam como se dá a construção do conhecimento científico em laboratório ao filmar os movimentos, visualizar e tratar os dados rapidamente, quadro a quadro.” A metodologia deste trabalho foi utilizada para despertar a curiosidade dos alunos para questionar os fenômenos aplicados no experimento utilizado, para que fossem retiradas suas dúvidas, e o estudante tivesse interesse em buscar mais conhecimento. Seu trabalho, foi realizado para o estudo do movimento parabólico, o experimento foi realizado em sala e feita a análise do vídeo através do Tracker. Os experimentos foram bem sucedidos, e concluíram afirmando que durante sua aplicação, perceberam que os alunos passaram a interagir de maneira mais ativa na disciplina, apropriando-se as tecnologias utilizadas e com o uso dos experimentos. De maneira significativa, o uso dos experimentos, aliados aos aplicativos de análise de dados, tiveram resultados importantes para o ensino de Física durante o trabalho de Bezerra Jr.

Além de ser utilizado o Tracker, será utilizado ainda neste trabalho o software para análise de dados Excel, que segundo a experiência de Pereira (2018), em seu trabalho para estudo de medidas de intervalo de tempo no laboratório de física, relata concluindo-se que “O estudo do movimento com o auxílio do Tracker requer a utilização de diversas formas de representação do movimento dos experimentos, como diagramas de movimento, tabelas, gráficos e equações de movimento.” Observa-se então, esta ferramenta para análise de dados se bem trabalhada, obtém-se êxito no ensino dos movimentos, em especial neste trabalho, foi estudada a segunda lei de Newton.

O uso deste aplicativo, nesta dissertação, foi essencial para o estudo da Segunda Lei de Newton, em especial para sua comprovação e aplicação. De maneira eficaz, este aplicativo disponibilizou dados de posição em relação ao tempo, dados importantes para que fosse feito a análise gráfica no Excel, sendo assim, uma ferramenta importante aliada aos experimentos estudados.

O uso de experimentos e de ferramentas tecnológicas tem se tornado fundamental para o melhor aprendizado do aluno, este método de ensino tem se tornado eficaz ao longo do tempo como mostrado neste capítulo. Relacionado a experimentos e tecnologia, existem também os trabalhos que utilizam o experimentos virtuais, como é o caso de Santos e Dickman (2019), que fizeram um trabalho envolvendo experimentos reais e virtuais, em sua metodologia aplica, apresentaram o conteúdo com experimento real e em seguida com a simulação virtual, aplicando pré-teste e pós-teste, afim de comparação de resultados, onde ambos os experimentos obtiveram êxito e relataram: “Este trabalho reforça a importância das atividades experimentais no ensino de Física, principalmente quando

comparadas com aulas expositivas, bem como algumas possibilidades de se propor essas atividades aos alunos”.

Além disto, Santos e Dickman ainda destacaram a importância dos experimentos reais, onde o aluno pode estar em contato com o material e realizando medidas, obtendo dados, tornando real o que aparece em seus livros didáticos.

Capítulo 2 Fundamentação Teórica

Nesse capítulo, como exemplos de aplicação das leis de Newton, calculamos a partir das leis de Newton, a aceleração, velocidade e posição dos sistemas que serão abordados nos experimentos.

A mecânica está dividida entre cinemática, dinâmica e estática, sendo a dinâmica o estudo da origem dos movimentos, a relação existente entre força e aceleração. Neste conteúdo destacam-se as Leis de Newton, que são leis determinísticas, porém validadas somente para objetos macroscópicos, corpos muito pequenos aplica-se a mecânica quântica. A mecânica newtoniana se aplica aos sistemas envolvendo velocidades não muito elevadas, ou seja, velocidades próximas a da luz, nestes casos aplica-se a teoria relativística de Einstein, válida para qualquer velocidade.

Durante o presente capítulo, estão abordados os conceitos relacionados as três leis de Newton, com ênfase na segunda lei de Newton, o qual é o foco principal do trabalho, apresentando sua equação que será provada através do experimento do trilho de ar realizado mais à frente.

2.1 Primeira Lei de Newton

Caso um corpo não sofra influência de uma força sobre ele, este corpo manterá seu estado de movimento ou repouso. Isso nos leva a primeira lei de Newton: “Se nenhuma força atua sobre um corpo, sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer aceleração”. (Halliday; Resnick, 2016, p.96).

Esta primeira lei não se aplica a todos os referenciais, assim como as outras leis, vale unicamente em referenciais inerciais. Desprezando os movimentos de rotação e translação, a terra pode ser considerada um referencial inercial. Neste estudo tomamos o solo como um referencial inercial. Esta lei, descreve que, qualquer variação de velocidade de um objeto em relação a um referencial inercial, ou seja, uma aceleração, é provocado pela ação de forças, introduzindo assim, a segunda lei de Newton.

2.2 Segunda Lei de Newton

A segunda lei fornece uma declaração explícita: a força está relacionada à taxa de mudança do momento. (Thornton; Marion, 2003). Uma vez que Newton definiu momento sendo o produto da massa e da velocidade, sendo assim

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Equação 1 – Equação do momento.

Desta maneira, a segunda Lei de Newton pode ser expressa para uma partícula como

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m \cdot \vec{v}) = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Equação 2 - Derivada do momento.

Realizando a derivada obtém-se

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$$

Equação 3 - Equação da segunda lei de Newton.

Desta maneira, a segunda lei de Newton pode ainda ser representada utilizando a derivada segunda da posição pelo tempo

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

Equação 4 - Segunda lei de Newton em relação a posição

Sendo $\vec{F}_{res} = \sum \vec{F}$, ou seja, a força resultante é o somatório de todas as forças que atuam no sistema. Assim, conhecendo a força que atua sobre a partícula e suas condições iniciais, como posição e velocidade, é possível determinar sua trajetória, uma vez que a equação diferencial resultante é de segunda ordem. Os aplicativos Tracker e Excel, tornam possíveis a determinação dessas condições iniciais, uma vez que estes permitem determinar a trajetória. Ressalta-se ainda, que se a força resultante for nula, o objeto encontra-se com velocidade constante, ou seja, não há aceleração.

Para os casos em um sistema de partículas, utilizamos um conjunto de partículas n de massas diferentes, o movimento é descrito em termos do movimento do centro de massa e o movimento das partículas do sistema em relação a este último. Levando em consideração, que nestas situações é observado o centro de massa de um conjunto. A equação que descreve o movimento do centro de massa de um sistema de partículas, é representada da seguinte maneira

$$\vec{F}_{res} = M \cdot \vec{a}_{cm}$$

Equação 5 - Força resultante em um sistema de partículas.

Nesta dissertação, será importante o movimento do centro de massa, uma vez que os objetos que foram utilizados eram sólidos metálicos e podem ser considerados como aproximadamente rígidos.

Onde \vec{F}_{res} é a força resultante de todas as forças externas atuando sobre o sistema, M é a massa total do sistema e \vec{a}_{cm} é a aceleração do centro de massa do sistema.

São conhecidas quatro tipos de forças da natureza que realizam a interação entre corpos, dentre as tais, tem-se as chamadas de “interações fortes” e “interações fracas”, sendo que ambas atuam somente em escala nuclear, diferente da força gravitacional e eletromagnética. A lei de força mais antiga conhecida, é a lei de Newton para gravitação universal, que rege a interação entre dois corpos de massas m_1 e m_2 . Destaca-se que, todas as forças no âmbito macroscópico, com exceção da força gravitacional, são de origem eletromagnética.

Outra maneira de descrever a segunda Lei de Newton é que “A aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante que atua sobre ele, e o inverso da massa do corpo é a constante de proporcionalidade. (Tipler; Mosca, 2015, p.96 – 97).

Através desta observação, podemos encontrar a aceleração de acordo com a Equação 5:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$$

Equação 6 - Aceleração diretamente proporcional à força.

Sendo \vec{a} a aceleração \vec{F} a força resultante e “m” a massa. Iremos introduzir esta comprovação utilizando o experimento do trilho de ar, onde tem como objetivo, comprovar que a aceleração é diretamente proporcional a força resultante e inversamente proporcional a massa, como apresenta a segunda lei de Newton.

As equações a serem utilizadas fazem uso de uma igualdade envolvendo o somatório das forças resultantes atuando sobre o corpo. Para cada experimento a ser estudado, é utilizado um cálculo diferente. Para o experimento do trilho de ar, utiliza-se a Equação 5.

2.3 Terceira Lei de Newton

Tratando-se da terceira lei de Newton, conceitualmente, Halliday e Resnick (2016 p.107) define-se que “quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos”, o que alguns autores chamam de lei da ação e reação, ou seja, esta lei estuda as forças de interação entre dois corpos.

As leis de Coulomb, satisfazem este princípio, quando realizamos o estudo das cargas, a lei da gravitação Universal de Newton possui a interação de forças com sentidos opostos como descrito na terceira lei de Newton.

No experimento do trilho de ar, temos o exemplo da terceira lei de Newton na prática ao observar o contato entre a superfície do trilho com a superfície da caixinha em cima, o vento que sai do trilho tem como objetivo reduzir o atrito entre a superfície, e aí podemos perceber o par de forças com sentidos opostos.

O experimento do trilho de ar, consiste em duas massas presas em um fio leve, estando a massa 1 (m_1) sobre um trilho de ar, e a massa 2 (m_2) suspensa, o fio passa por uma polia lisa, como apresenta a Figura 1.

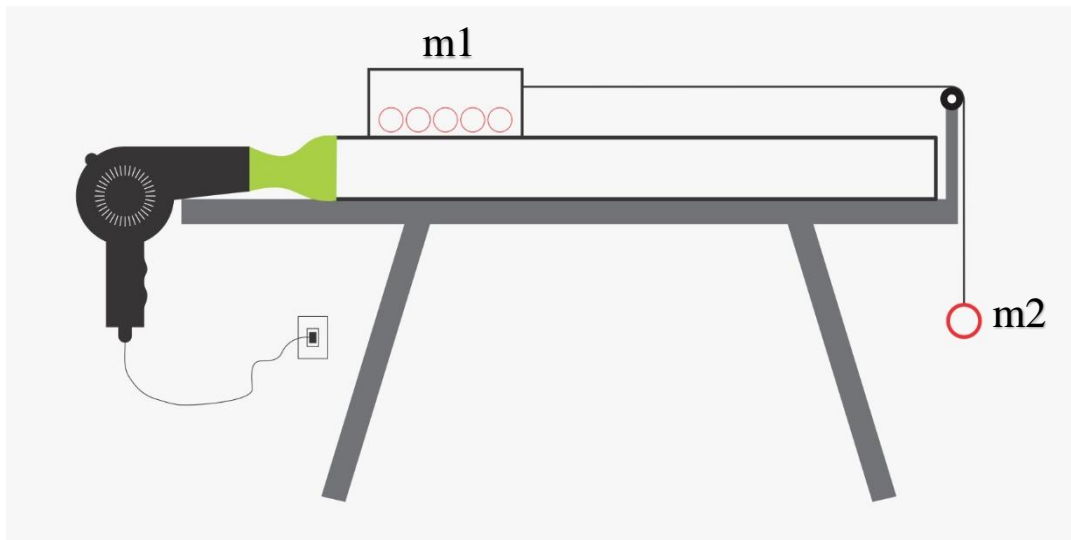


Figura 1 - Esquema do experimento do trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Adotando-se que a massa do fio é desprezível e que a polia é lisa, ou seja, que não há atrito no fio, e que não há atrito entre a massa 1 e o trilho, a tensão será a mesma em todo fio. As equações do movimento para cada massa, será:

$$T = m1 \cdot a$$

Para massa 2, temos:

$$m2 \cdot g - T = m2 \cdot a$$

Isolando T

$$T = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

Onde:

T – Tração

$m1$ – massa 1

$m2$ – massa 2

g – aceleração da gravidade

a – aceleração do sistema

Como a tração no fio é a mesma, temos a tração na massa 1 igual a tração na massa 2

$$m1 \cdot a = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

$$(m1 + m2) \cdot a = m2 \cdot g$$

Isolando a aceleração, obtém-se

$$a = \frac{m2 \cdot g}{(m1 + m2)}$$

Equação 7 - Aceleração para o experimento do trilho de ar.

O experimento da máquina de Atwood, consiste em duas massas suspensas por um fio leve suspensos por uma polia lisa, sendo $m_2 > m_1$, como apresenta a Figura 2.

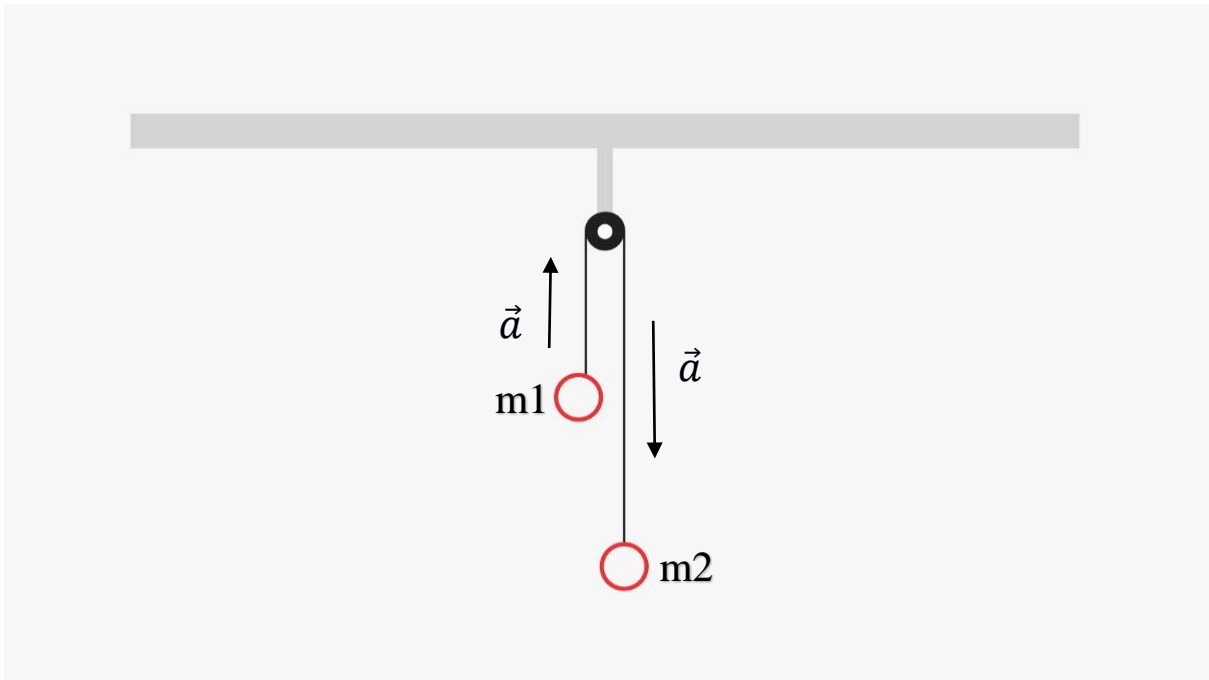


Figura 2 - Esquema do experimento da máquina de Atwood.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Adotando-se que a massa do fio é desprezível e que a polia é lisa, ou seja, que não há atrito no fio, a tensão será a mesma em todo fio. As equações do movimento para cada massa, será:

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

Isolando T

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

Para o bloco 2, temos:

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

Isolando T

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

Onde:

T – Tração

m_1 – massa 1

m_2 – massa 2

g – aceleração da gravidade

a – aceleração do sistema

Como a tração é a mesma em todo fio, temos a tração no bloco 1 igual a tração do bloco 2

$$m1 \cdot a + m1 \cdot g = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

$$(m1 + m2) \cdot a = (m2 - m1) \cdot g$$

Isolando a aceleração

$$a = \frac{(m2 - m1) \cdot g}{(m1 + m2)}$$

Equação 8 - Aceleração para experimento da máquina de Atwood.

Exemplo 1: Foram utilizados dois corpos $m1$ e $m2$, ligados por um fio de seda que passa por uma polia, estando o corpo $m1$ sobre um trilho de ar feito de acrílico, que recebe ar de um secador de cabelo, como o esquema representado na Figura 1. As massas de $m1$ e $m2$ são respectivamente iguais a 69g e 10g. Sabendo-se que $g = 9,8m/s^2$. Foi abandonado o sistema do repouso, e determinou-se sua aceleração através de modo teórico e experimental, a fim de comprovação da segunda lei de Newton. Foram desprezados os atritos, a massa do fio e a massa da polia. Este exemplo foi utilizado para demonstrar previamente como ocorreu em sala de aula.

Utilizando a Equação 7, temos o valor teórico:

$$a = \frac{m2 \cdot g}{(m1 + m2)}$$

$$a = \frac{10 \cdot 9,8}{(69 + 10)}$$

$$a = 1,2405m/s^2$$

Os dados foram recolhidos de acordo com o método descrito no capítulo 4, sobre o Tracker e o Excel, e resultaram no gráfico e equação descritos na Figura 3.

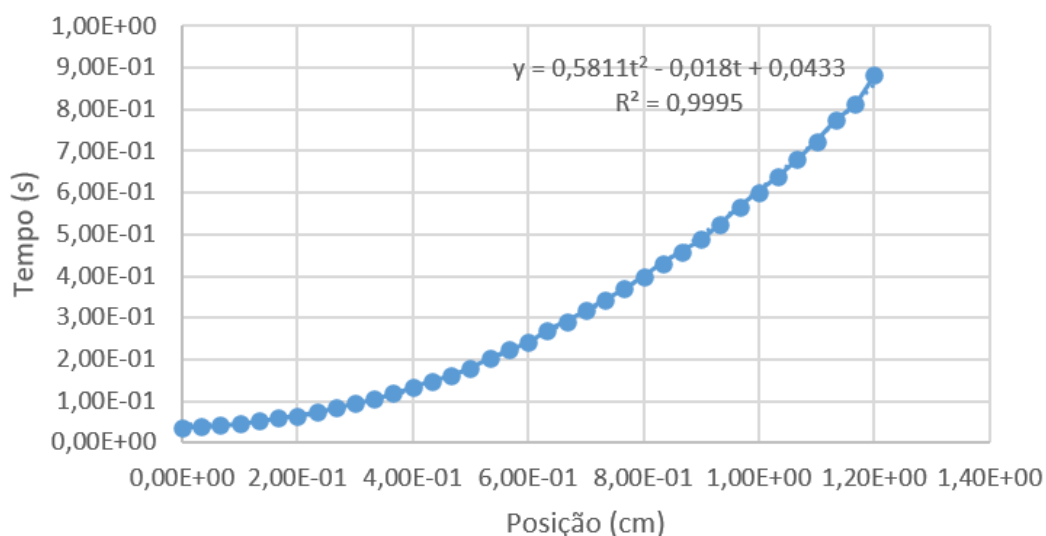


Figura 3 - Gráfico e equação fornecidos experimentalmente, no exemplo do trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde a aceleração vale:

$$\frac{a}{2} = 0,5811$$

$$a = 2 \cdot 0,5811$$

$$a = 1,1622 \text{ m/s}^2$$

A discrepância percentual entre o resultado teórico e o experimental, foi de:

$$D = \left(\frac{1,2418 - 1,1622}{1,2418} \right) 100\%$$

$$D = 0,0641$$

$$D = 6,41\%$$

De acordo com o cálculo, a discrepância percentual resultou em 6,41%, margem considerável, visto que foram desprezadas: as massas do fio de seda e da polia, que apesar de possuírem um valores baixos, não são desprezíveis; o momento de inercia da polia, o atrito existente na polia e o atrito entre a massa e o trilho de ar.

O gráfico da Figura 4, foi utilizado para verificar que a aceleração varia de maneira inversamente proporcional a massa. O experimento do trilho de ar caseiro, representa através do gráfico da Figura 4, a relação entre o somatório das massas e a aceleração do movimento, para cinco diferentes valores para a massa, sendo: $m_1 = 64\text{g}$, $m_2 = 69\text{g}$, $m_3 = 74\text{g}$, $m_4 = 79\text{g}$ e $m_5 = 84\text{g}$; estas foram as massas serem deslizadas sobre o trilho, onde demonstra que a aceleração está inversamente proporcional a massa.

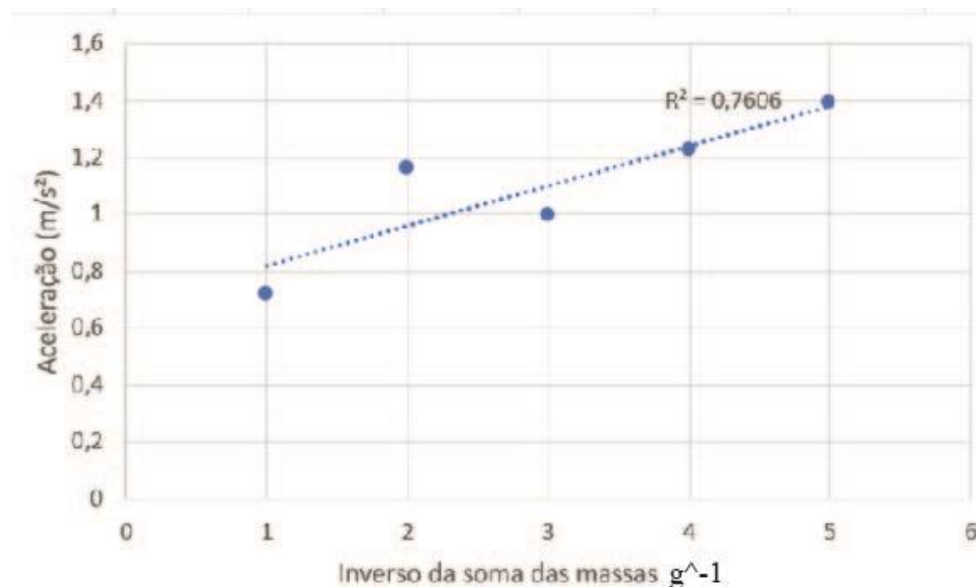


Figura 4 - Gráfico inverso da soma das massas x aceleração
Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico apresentado na Figura 4, foi realizado um ajuste linear, vale ressaltar que o experimento apresenta um pouco de atrito e instabilidade no movimento da caixa sobre o trilho, foi utilizado fio de seda para direcionar e estabilizar o movimento da caixa, ressalta-se ainda que apesar de possuir valor baixo a massa da roldana não é desprezível, porém, foi desprezado seu momento de inércia, e isso contribuiu para os valores apresentados no gráfico e consequentemente para o valor de $R^2 = 0,7606$ considerando que quanto mais próximo de 1 estiver este valor, melhor se encaixa o ajuste aplicado.

Exemplo 2: Um sistema da máquina de Atwood foi montado utilizando um fio de seda e uma polia. Sabendo-se que $g = 9,8\text{m/s}^2$ e as massas de m_1 e m_2 são respectivamente iguais a 5 g e 50 g. Foi abandonado o sistema do repouso, e determinou-se sua aceleração através de modo teórico e experimental, afim de comprovar a segunda lei de Newton através desta aplicação. Foram desprezadas a massa do fio e a massa da polia. Este exemplo tem por fim, apresentar como foi chegada a conclusão deste experimento previamente.

Utilizando a Equação 8, temos a aceleração teórica:

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

$$a = \frac{(50 - 5) \cdot 9,8}{(5 + 50)}$$

$$a = 8,0182\text{m/s}^2$$

Os dados foram recolhidos de acordo com o método descrito no Capítulo 2.6 sobre o Tracker e o Excel, e resultaram no gráfico e equação descritos na Figura 5.

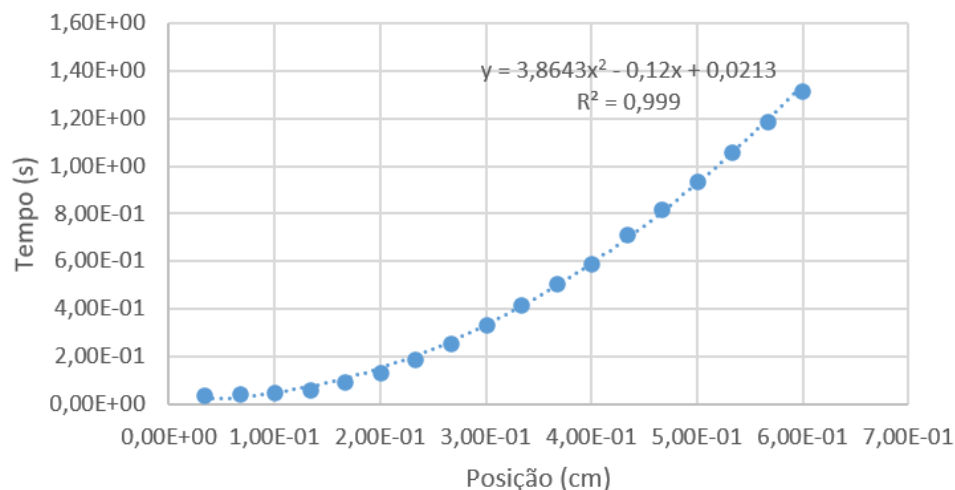


Figura 5 - Gráfico e equação fornecidos experimentalmente, no exemplo da máquina de Atwood.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde a aceleração vale:

$$\frac{a}{2} = 3,8643$$

$$a = 2 \cdot 3,8643$$

$$a = 7,7286\text{m/s}^2$$

A discrepância percentual entre o resultado teórico e o experimental, foi de:

$$D = \left(\frac{8,02 - 7,7286}{8,02} \right) 100\%$$

$$D = 3,63\%$$

De acordo com o cálculo realizado, a discrepância percentual resultou em 3,63%, margem considerável, visto que foram desprezadas: as massas do fio de seda e da polia, que apesar de possuírem valores baixos, não são desprezíveis; o atrito da polia e seu momento de inércia.

Para determinar esta lei experimentalmente, foi adotado uma série de experimentos anteriormente da aplicação em sala, para realizar os ajustes necessários no experimento, a cada vez que era executado, era produzido o vídeo, coletados os dados no Tracker e analisados no Excel. A equação fornecida pelo Excel é do tipo $y = \frac{a \cdot t^2}{2} + vt + y_0$, assim, o valor da aceleração fornecido na equação do experimento é comparado com o valor encontrado com o cálculo teórico, adotando-se uma média de erro de até 6,41%, esta margem de erro foi utilizada levando-se em consideração as condições em que estava sendo realizado, por não ser ideal, e valores desprezados como o momento de inércia da polia.

Durante as seções 2.4 e 2.5, estão descritas as teorias de aprendizagem utilizadas como base psicológica para empregar os procedimentos metodológicos descritos no Capítulo 3 deste trabalho. As teorias apresentadas são fundamentadas no cognitivismo de Vygotsky e Ausubel, visando o aprendizado sociointerativo e o uso de conhecimentos prévios, chamados de subsunçores.

2.4 Teoria de Vygotsky

Para Vygotsky, “o desenvolvimento cognitivo não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural” (MOREIRA, 1995, p.107) é no momento de interação social que ocorre o desenvolvimento de habilidades mentais superiores, o que possibilita a internalização dos conceitos. Para Moreira (1995, p.107), “Vygotsky focaliza os mecanismos por meio dos quais se dá o desenvolvimento cognitivo, não produtos do tipo estágio de desenvolvimento” para ele, estes mecanismos vem de origem e natureza sociais, e específico ao ser humano.

A afirmação que os processos de habilidades mentais superiores do cidadão são originados em processos sociais, está composto em um dos pilares da teoria de Vygotsky, “os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo) têm origem em processos sociais; o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social”(MOREIRA, 1995, p.108) envolver o aluno utilizando o meio social para o ensino, o ajuda em seu desenvolvimento para aprendizagem, “para ele, desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais”(MOREIRA, 1995, p.108).

Neste contexto, Vygotsky retrata uma relação entre o uso de instrumentos e a fala para o desenvolvimento do cidadão:

“A relação entre o uso de instrumentos e a fala afeta várias funções psicológicas, em particular a percepção, as operações sensório-motoras e a atenção, cada uma das quais é parte de um sistema dinâmico de comportamento. Pesquisas experimentais do desenvolvimento indicam que as conexões e relações entre funções constituem sistemas que se modificam, ao longo do desenvolvimento da criança, tão radicalmente quanto as próprias funções individuais. Considerando uma das funções de cada vez, examinarei como a fala introduz mudanças qualitativas na sua forma e na sua relação com as outras funções”.(Vygotski, 1991, p.24)

Para Vygotsky, ocorre uma mediação para conversão de relações sociais em funções mentais superiores, esta mediação se dá através de instrumentos e signos, Moreira destaca o que são esses instrumentos e signos, para assim entender-se o que o autor está transmitindo.

“A conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada. E essa mediação inclui o uso de instrumentos e signos. Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa. Existem três tipos de signos: 1) indicadores, são aqueles que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significa; 2) icônicos, são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) simbólicos, são os que têm uma relação abstrata com o que significam.” (MOREIRA, 1995, p.108)

Através desta mediação fazendo uso de instrumentos e signos, Moreira nos apresenta que estes “são construções sócio históricas e culturais; por meio da apropriação destas construções, via interação social, o sujeito se desenvolve cognitivamente.” (MOREIRA, 1995, p.109)

Pode-se então concluir-se que o papel do professor está ligado em apresentar significados socialmente aceitos, ou seja, símbolos, imagens ou indicadores que estejam ligados com a realidade

social, desta forma, será obtido êxito no ensino no momento em que professor e aluno estiverem em sintonia com os significados.

“por exemplo, na interação social que deve caracterizar o ensino, o professor é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo. Em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto de matéria de ensino, para determinado signo – da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então, de alguma maneira, ‘devolver’ ao professor o significado que o aluno captou é aceito, compartilhado socialmente. A responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. O ensino se consuma quando o aluno e professor compartilham significados.” (MOREIRA, 1995, p.118)

O professor apresenta aos alunos os conteúdos e o aluno retribui ao professor o significado na qual foi captado, estando atento se o conhecimento adquirido foi realmente o que o professor desejava que ele aprendesse. Desta maneira, compartilhando as ideias socialmente, o conhecimento é formado através da interação entre os alunos e com o professor. Diferentes ideias sendo discutidas com o mesmo propósito de ensino, com o mesmo significado, tende a tornar o conhecimento melhor, com uma gama de ideias recebidas.

Nesta perspectiva, a premissa é de que o homem constitui-se como tal através de suas interações sociais, portanto, é visto como alguém que transforma ou é transformado nas relações produzidas em uma determinada cultura. É por isso que seu pensamento costuma ser chamado de sociointeracionista. (REGO, 2014, p. 93)

As interações sociais são capazes de modificar o comportamento e pensamento do indivíduo, através da cultura em que está presente, sua convivência no meio social o deixa características e o mostra outro meio de olhar para determinado significado, o que pode facilitar seu entendimento sobre determinados assuntos sendo debatidos.

É possível constatar que o ponto de vista de Vygotsky é que o desenvolvimento humano é compreendido não como a decorrência de fatores isolados que amadurecem, nem tampouco de fatores ambientais que agem sobre o organismo controlando seu comportamento, mas sim através de tocas recíprocas, que se estabelecem durante toda a vida, entre indivíduo e meio, cada aspecto influenciando sobre o outro. (REGO, 2014, p. 95)

As trocas de ideias recíprocas, agem de maneira positiva na aprendizagem, isto envolve todo o meio em que estão sujeitos e não os fatos isolados, a sociedade que convive e as diversas maneiras de agir, pensar e compartilhar o conhecimento dos alunos envolta do receptor, formam um conhecimento cada vez mais completo na mente do estudante.

2.5 Teoria de Ausubel

Segundo David Ausubel, em seu livro psicologia educacional, ideias expressas simbolicamente relacionam-se com informações já adquiridas pelo indivíduo.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Uma relação não arbitrária e substantiva significativa que as ideias são relacionadas a algum aspecto relevante existente

na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma posição. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.34)

Esta relação de informações a serem adquiridas com ideias já presentes no aluno, pode ser considerada a interação entre imagem e texto, símbolo e definição, ou por exemplo, o estudo de aceleração relacionado com a segunda lei de Newton, como trata a temática deste trabalho. Este processo produz uma modificação destacada pelo autor.

Na aprendizagem significativa, o processo de obtenção de informações produz uma modificação tanto na nova informação como no aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva com a qual a nova um conceito ou proposição relevante. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.48)

A nova informação passará por um processo de mudança assim como a estrutura cognitiva, a partir desta relação. A nova informação ganhará uma forma mais complexa e a informação preexistente será expandida para mais uma função a ser realizada por ela, o que intensifica sua interação com a nova informação.

A fim de deixar bem claro que a aprendizagem significativa envolve uma interação entre novas informações e ideias preexistentes. Por exemplo, na aprendizagem subordinativa, as ideias preexistentes oferecem um esteio para a aprendizagem significativa de novos conteúdos. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.48)

Como vem sendo destacado no decorrer desta subseção, a interação entre novas informações e ideias preexistentes, serve de auxílio para que possa haver aprendizagem, o que é chamado de aprendizagem subordinativa.

Supõe-se que a assimilação aumenta o poder de fixação de três maneiras diferentes. Em primeiro lugar, tornando-se “apojada”, por assim dizer, a uma forma modificada de uma ideia existente altamente estável na estrutura cognitiva, o novo significado altera o equilíbrio da última. Em segundo lugar, este tipo de “apoio”, continuando durante o armazenamento da relação não arbitrária, original, entre a nova ideia e a ideia estabilizada, também protege o significado da interferência exercida pelas ideias anteriormente adquiridas, pelas experimentadas diariamente e pelas ideias semelhantes posteriormente encontradas. Esta interferência é bastante prejudicial quando o material de aprendizagem é relacionado arbitrariamente à estrutura cognitiva, como ocorre na aprendizagem automática. Terceiro lugar, o fato da nova ideia significativa ser armazenada na relação com a(s) ideia(s) particular(es) mais relevante(s) na estrutura cognitiva (ou seja, com a(s) ideia(s) com a(s) qual(is) esteve originalmente relacionada na aquisição de seu significado) torna presumivelmente a memorização um processo menos arbitrário e mais sistemático. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.107)

A interação de novas informações com ideias preexistentes, tem o poder de fixação por estar aplicando a ideia já existente em um novo conhecimento, esse “poder” também está relacionado as ideias semelhantes e a relação destas informações, estes fatores tornam a capacidade de memorização mais sistemático e benéfico para a aprendizagem.

2.6 Tracker

O Tracker é uma ferramenta disponível de forma gratuita para análise de vídeo desenvolvido na estrutura Java do projeto *Open Source Physics* (OSP, 2013), que possui como membros Douglas Brown, Frank Shütte e Wolfgang Christian. Ele é projetado para ser usado no ensino de física.

O Tracker é um aplicativo que nos permite descrever a trajetória de um objeto a partir do vídeo de um experimento concreto realizado, como apresenta a Figura 7. O programa exibe diferentes quantidades de *frames* por segundos dependendo da qualidade do vídeo que foi produzido, no exemplo do vídeo apresentado nesse capítulo, tem-se 29 frames por segundo. A partir deste aplicativo podemos extrair dados para obtenção do gráfico e equação do movimento no Excel.

Em sua tela inicial como mostra a Figura 6, o Tracker disponibiliza as ferramentas no menu superior. Possui 3 janelas onde se encontra descrito a função na qual será composto, onde se encontra a janela “a vista principal de vídeos aparecerá aqui” especifica que neste local o vídeo será exposto e poderá recolher seus dados, os dados recolhidos do vídeo aparecerão nas duas janelas a direita, na parte superior em forma de gráfico e inferior em forma de tabela.

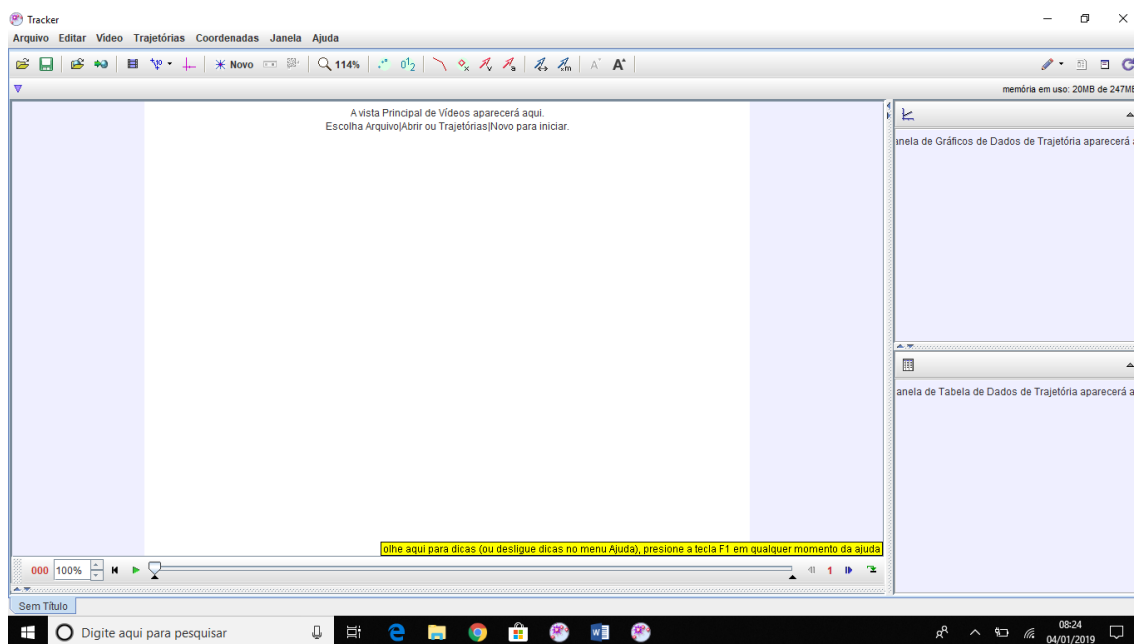


Figura 6 - Tela inicial do Tracker.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para adicionar um vídeo basta apertar em “arquivo” na barra de menu superior e “abrir”, logo após, navegar através das pastas para localizar o arquivo de vídeo. Quando aberto o vídeo no Tracker pode-se perceber uma mudança nas três janelas do Tracker como mostra a Figura 7, na janela central se encontra o vídeo exposto e no lado direito o início de um gráfico na parte superior e o início de uma tabela na parte inferior.

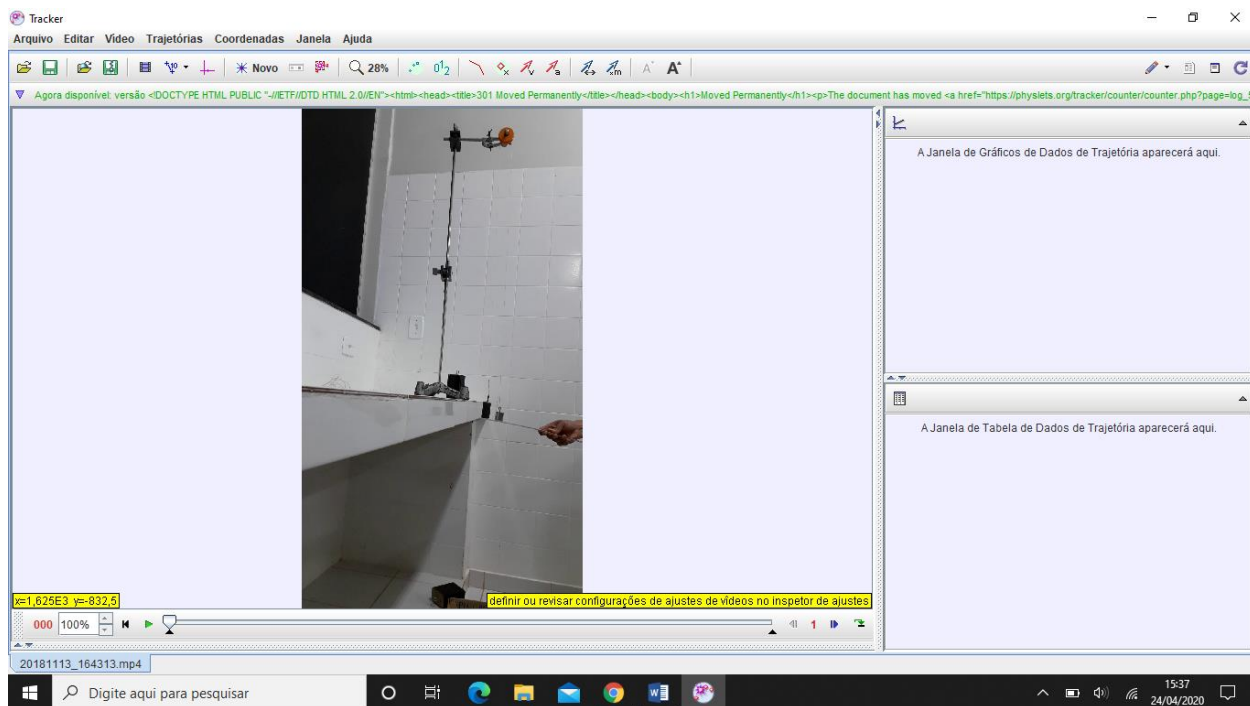


Figura 7 - Tracker com vídeo adicionado.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para adicionar os eixos de coordenada, basta selecionar a ferramenta destacada na Figura 8.

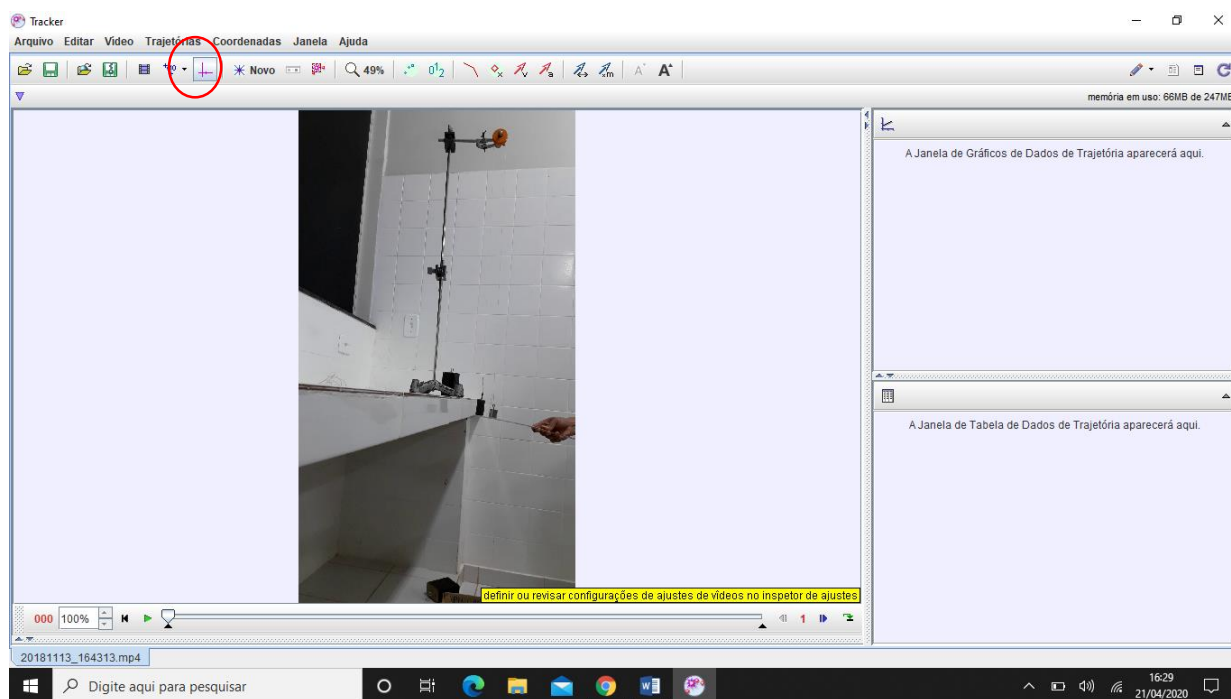


Figura 8 - Adicionando eixos de coordenada.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após adicionar os eixos de coordenadas, este pode ser posicionado em qualquer ponto do vídeo, sendo identificado o eixo positivo de “X” por uma pequena barra como indicado na Figura 9. Estes eixos permitem o movimento de rotação e posicionamento em qualquer ponto do vídeo, desta

maneira, os eixos não necessitam que seu ponto de origem esteja no centro do vídeo, podendo realizar uma pequena inclinação e posicionar de maneira mais precisa como mostra a Figura 9.

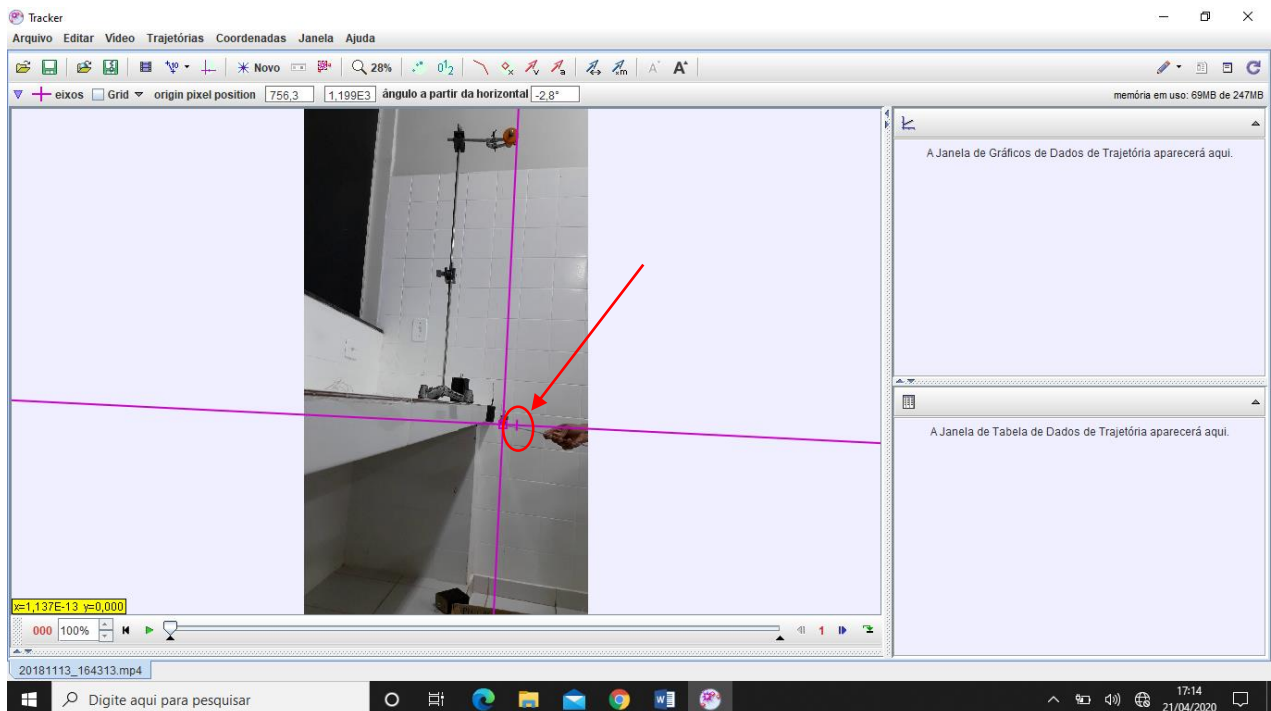


Figura 9 - Eixos posicionados.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para que possamos obter os pontos de trajetória, para obtenção de dados, para que seja formado gráfico, basta seguir os passos descritos na Figura 10, selecionar “ponto de massa” e já estará disponível uma nova janela aberta no aplicativo como indicado na Figura 11. Feito isto, basta seguir mais um passo para selecionar os pontos.

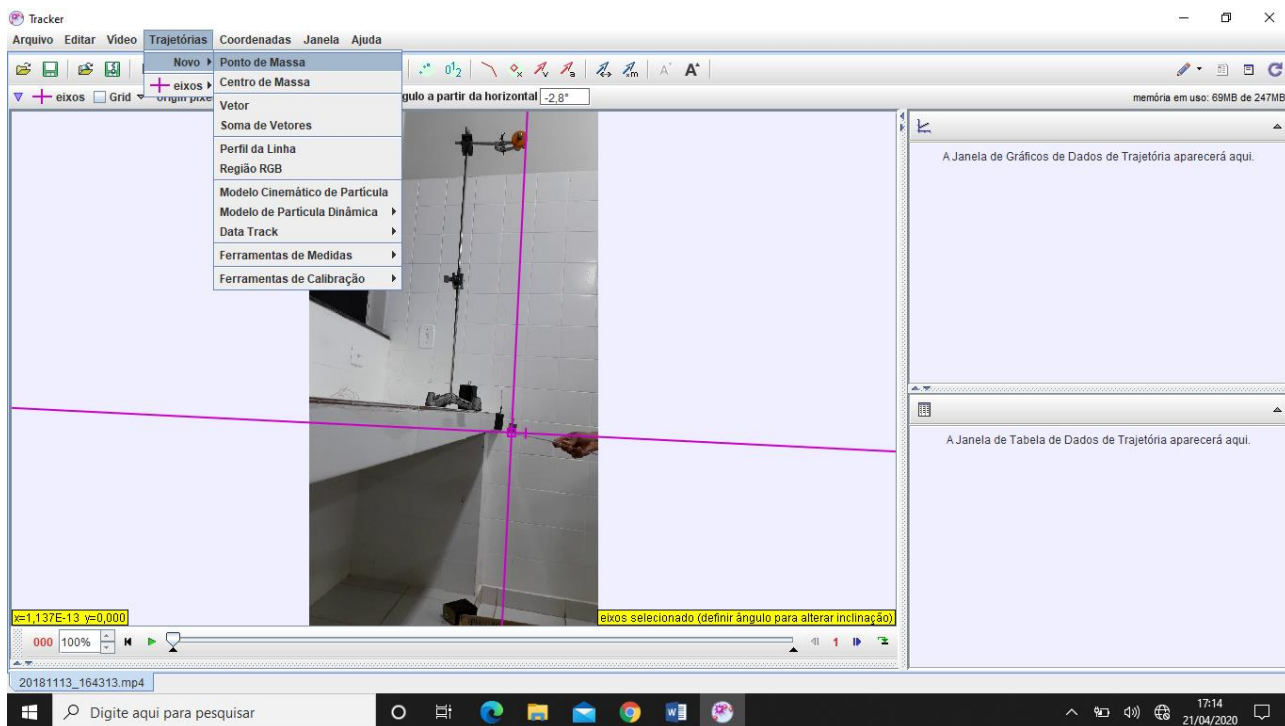


Figura 10 - Adicionando pontos de trajetória.
Fonte: Elaborado pelo autor.

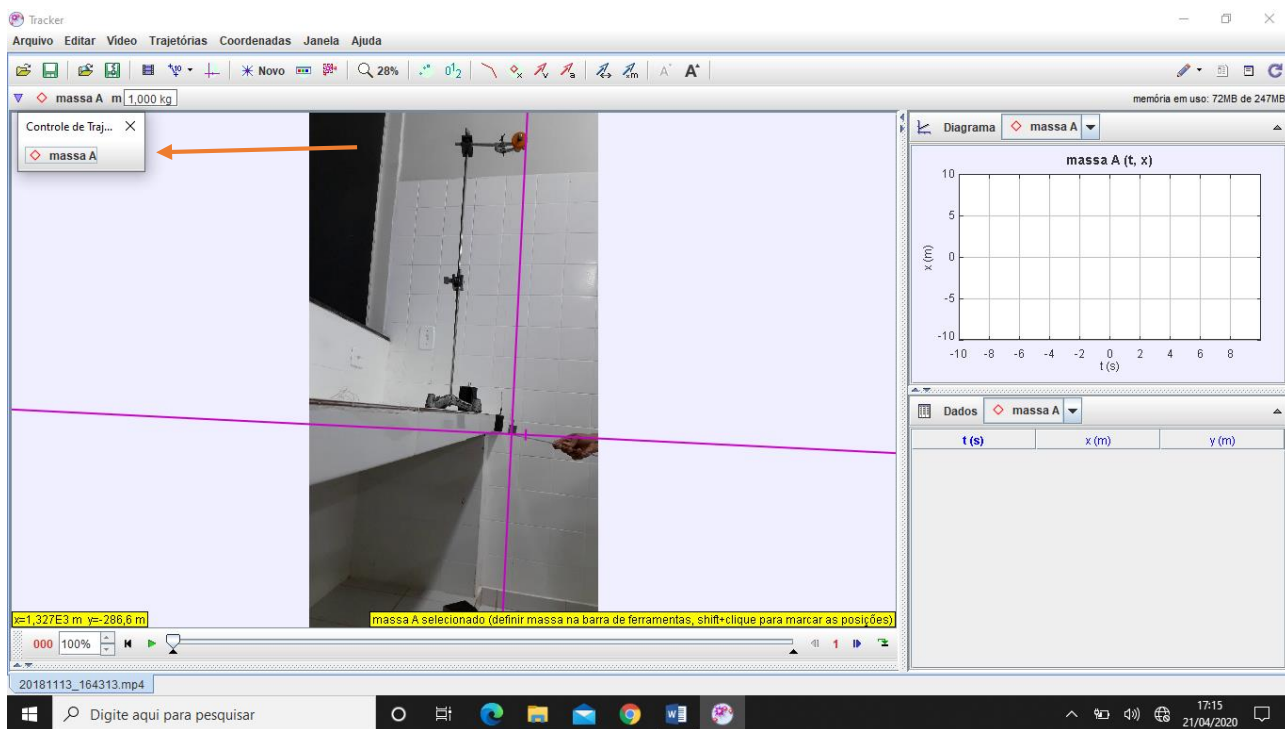


Figura 11 - Adicionando pontos de trajetória.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para obter-se os dados de posição, é necessário adicionar uma fita de calibração, ou seja, é necessário fornecer a medida do comprimento de algum objeto que apareça no vídeo, a fim de o Tracker calcular, com base na informação fornecida, os dados de posição para que sejam aplicadas

as dimensões do vídeo. Para adicionar a fita de calibração, precisa-se somente seguir os passos descritos na Figura 12, e selecionar “fita de calibração”.

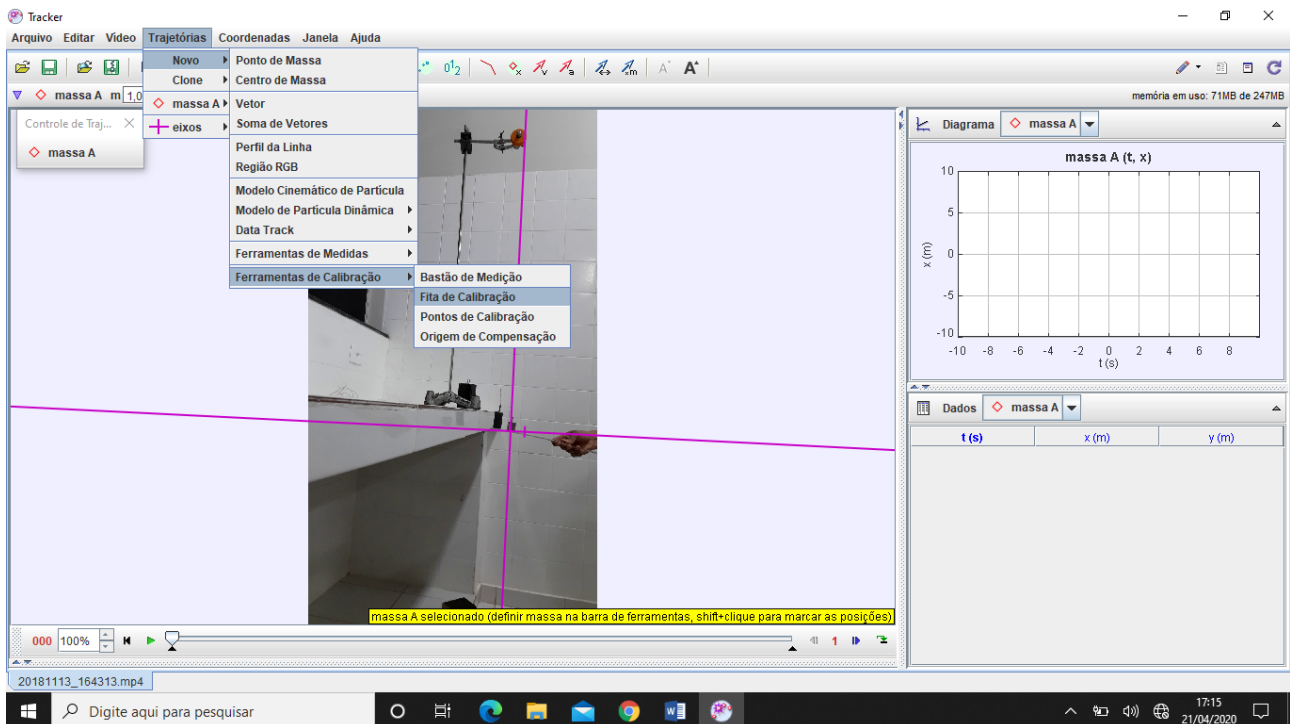


Figura 12 - Aplicando a fita de calibração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após aplicada a fita de calibração, selecione o campo indicado na Figura 13, onde contém a medida e altere para a medida obtida externa do vídeo. Feitos estes passos todas as medidas que se obter no vídeo serão adaptadas pela medida aplicada na fita de calibração.

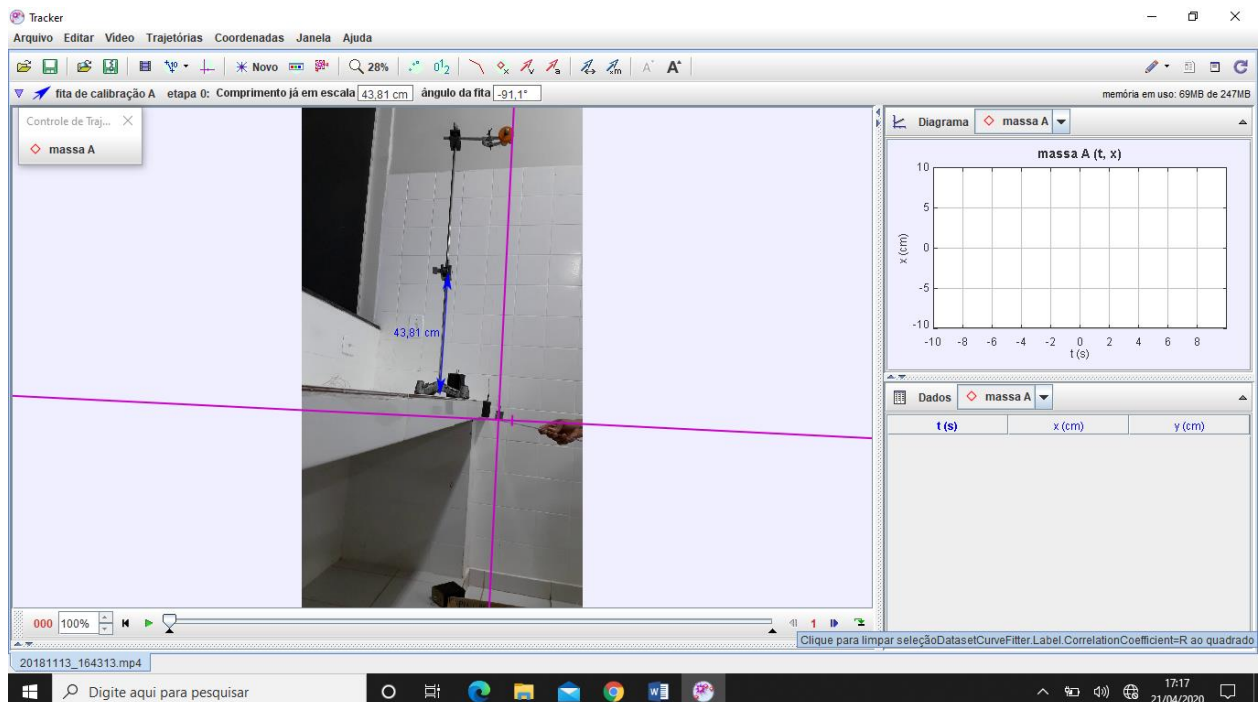


Figura 13 - Medida na fita de calibração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já adicionado a fita de calibração, para selecionar os pontos, o aplicativo disponibiliza a seguinte orientação indicada na Figura 14. Em velocidade normal, o vídeo possui poucos segundos, porém, em cada segundo há vários frames que são imagens. Para que sejam marcados os pontos de maneira mais precisa, o Tracker avança o frame automaticamente após selecionar os pontos de trajetória, ou seja, exibe o próximo quadro de vídeo.

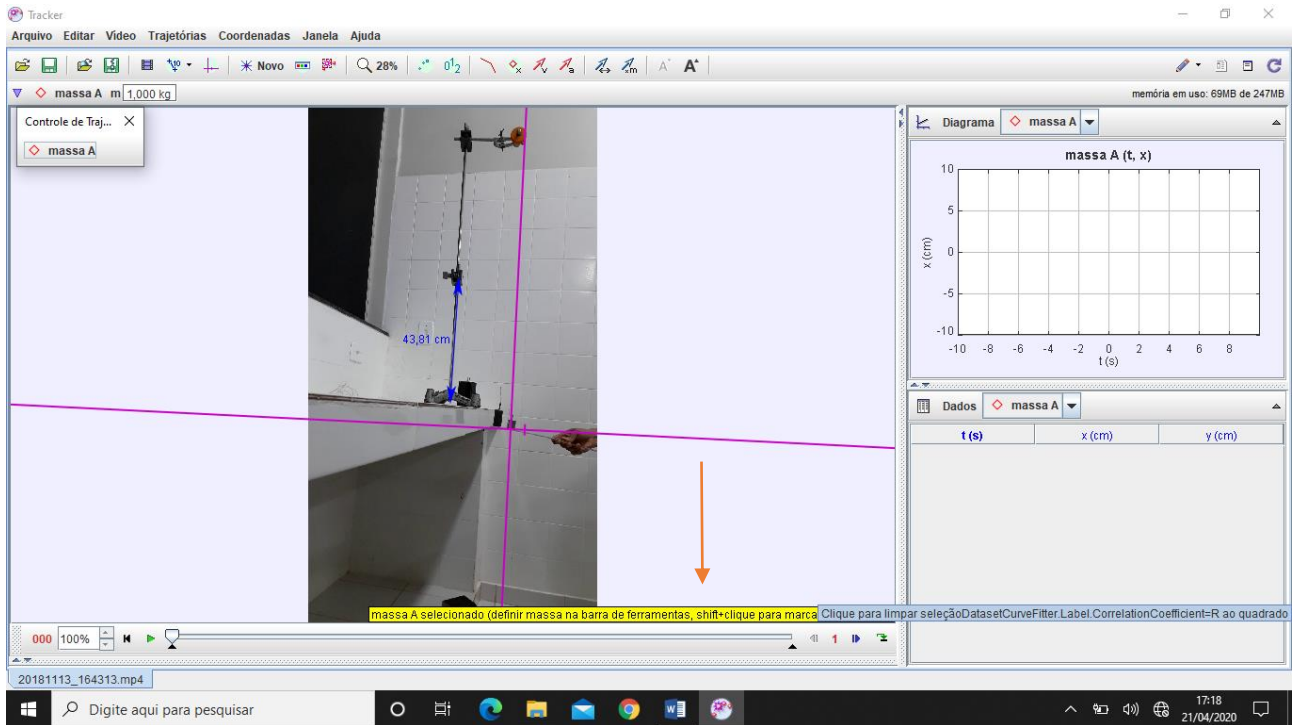


Figura 14 - Demarcando os pontos de trajetória.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após adicionar os pontos da trajetória, estará disponível o gráfico de posição na janela direita na parte superior do aplicativo, e formada juntamente uma tabela na janela abaixo, como pode ser visto na Figura 15.

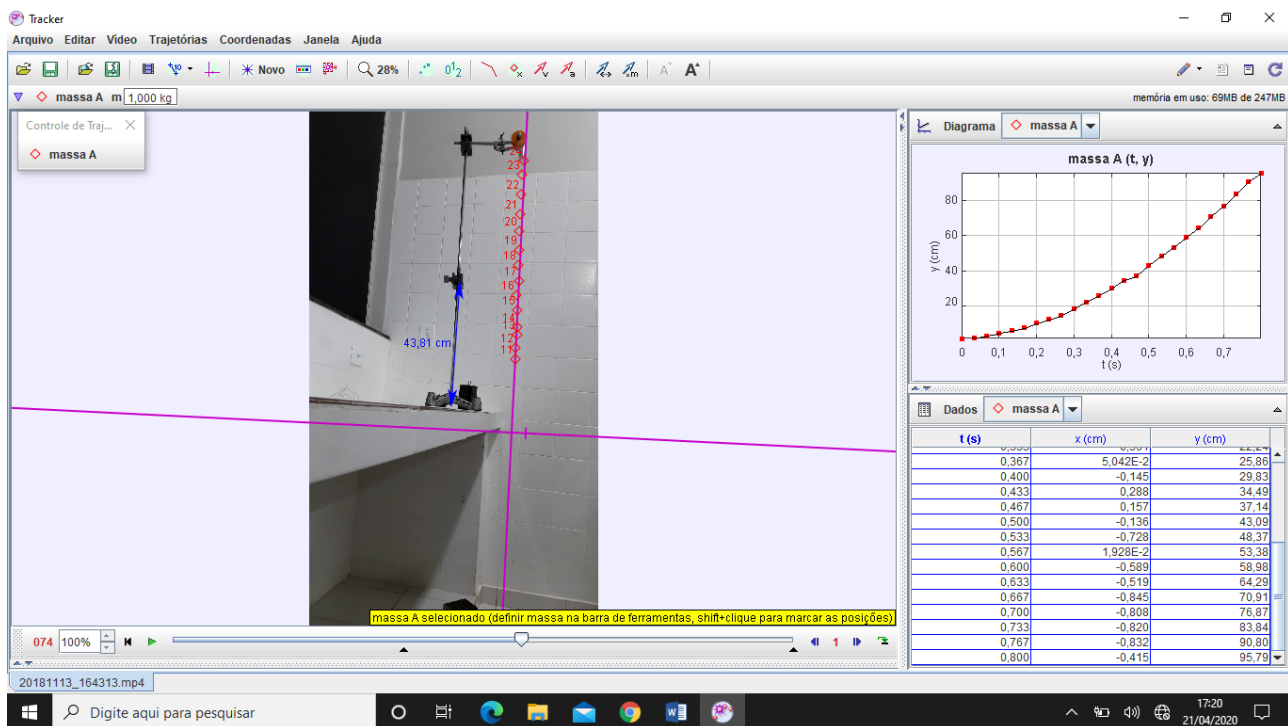


Figura 15 - Pontos de trajetória definidos.
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Tracker disponibiliza ainda uma função de apresentar o gráfico de velocidade, para isto, selecione a parte em destaque da Figura 16, e escolha a opção de “componente x da velocidade” e estará disponível o gráfico de velocidade em função do tempo.

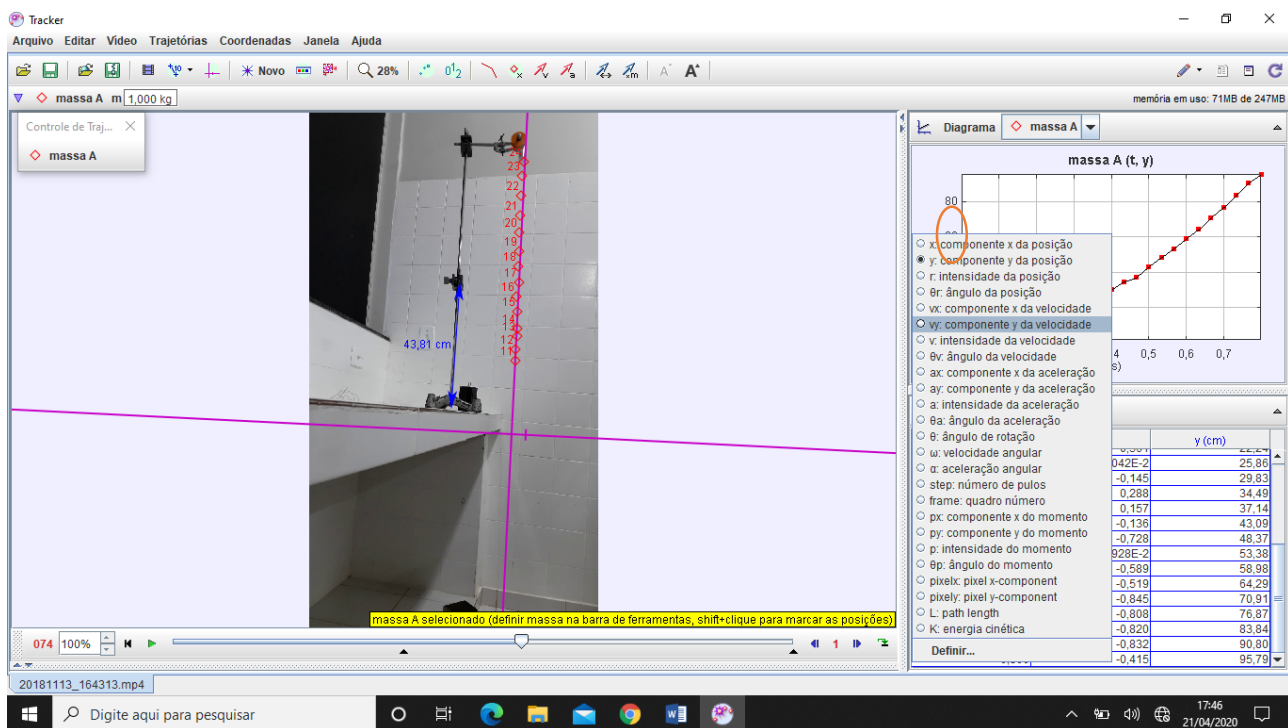


Figura 16 - Visualização do gráfico de velocidade.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após feito esses processos com o tracker, é possível fazer uma análise dos gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Para obter-se a equação dos dados do gráfico, transporta-se os dados para o Excel, conforme está exposto a seguir.

2.6.1 Transferindo dados para o Excel

O Excel foi utilizado como ferramenta de análise de dados, afim de obter a equação do movimento, referente aos experimentos realizados. O Excel permite determinar a curva que melhor se ajusta aos dados do experimento e também a função matemática dessa curva, esta curva no programa é chamada de linha de tendência, que permite um bom ajuste, e assim apresentar a função que descreve o movimento.

Para copiar os dados colhidos no Tracker, selecione as colunas de tempo $t(s)$ e posição $x(cm)$ indicados na Figura 17, clicar com botão direito e selecionar copiar.

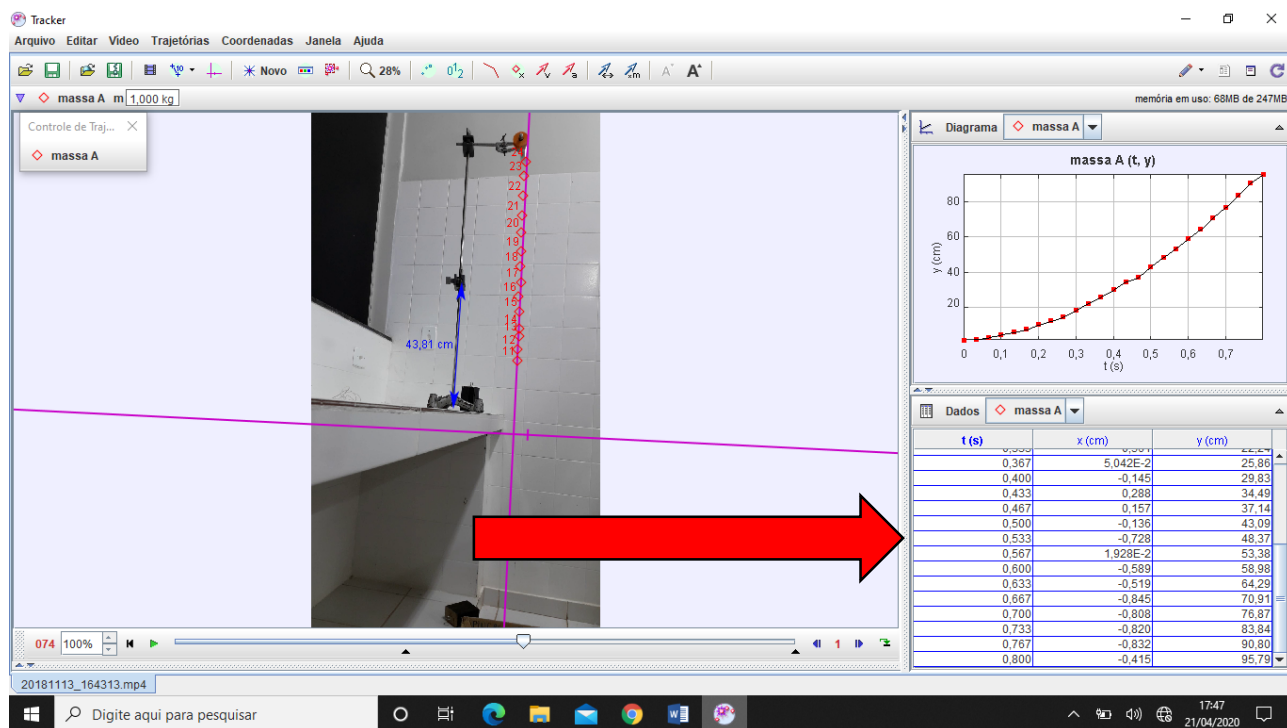
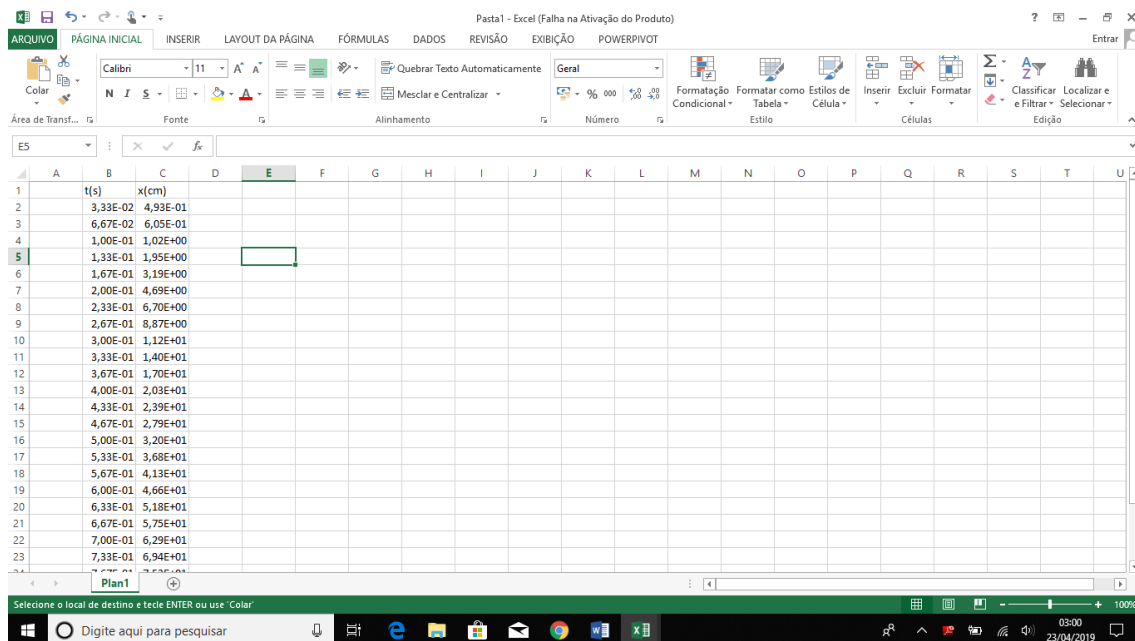


Figura 17 - Copiando dados do Tracker

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Excel, identifique duas colunas, uma para tempo $t(s)$ e outra para posição $x(cm)$, como mostra a Figura 18, e cole os dados que foram copiados anteriormente.



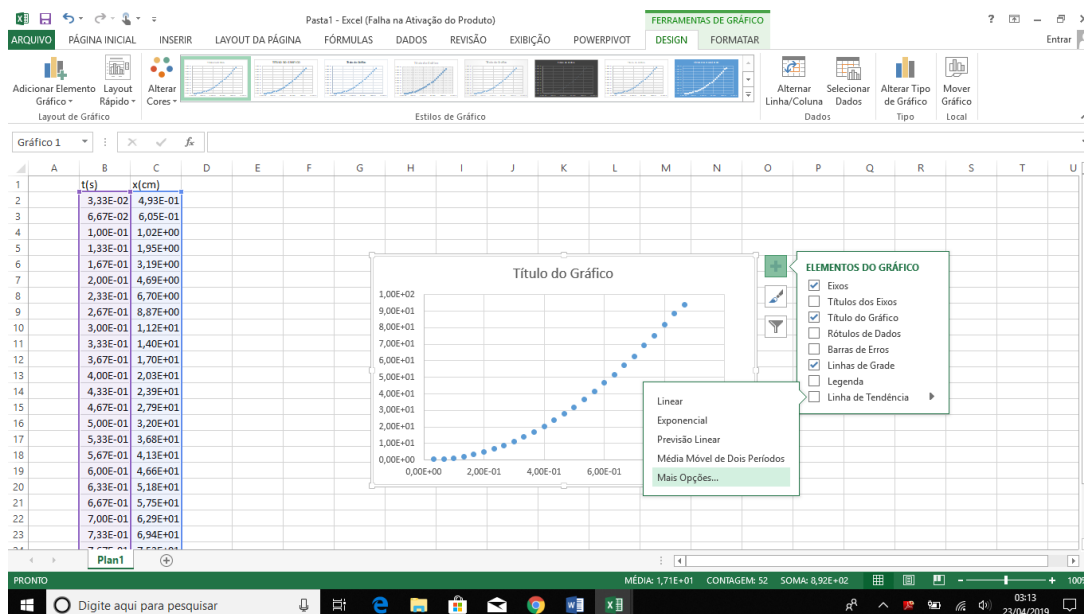


Figura 20 - Inserindo linha de tendência

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após realizar o passo anterior, será exibido uma coluna ao lado direito conforme apresenta a Figura 21, nesta coluna, selecione a linha de tendência polinomial de ordem 2, pois na máquina de atwood as forças que atuam são os pesos, a aceleração é constante e a curva ou função que descreve o movimento é quadrática, mais abaixo selecione a caixa exibir equação no gráfico e exibir valor de R^2 no gráfico, que medirá a qualidade do ajuste escolhido em um valor de 0 até 1.

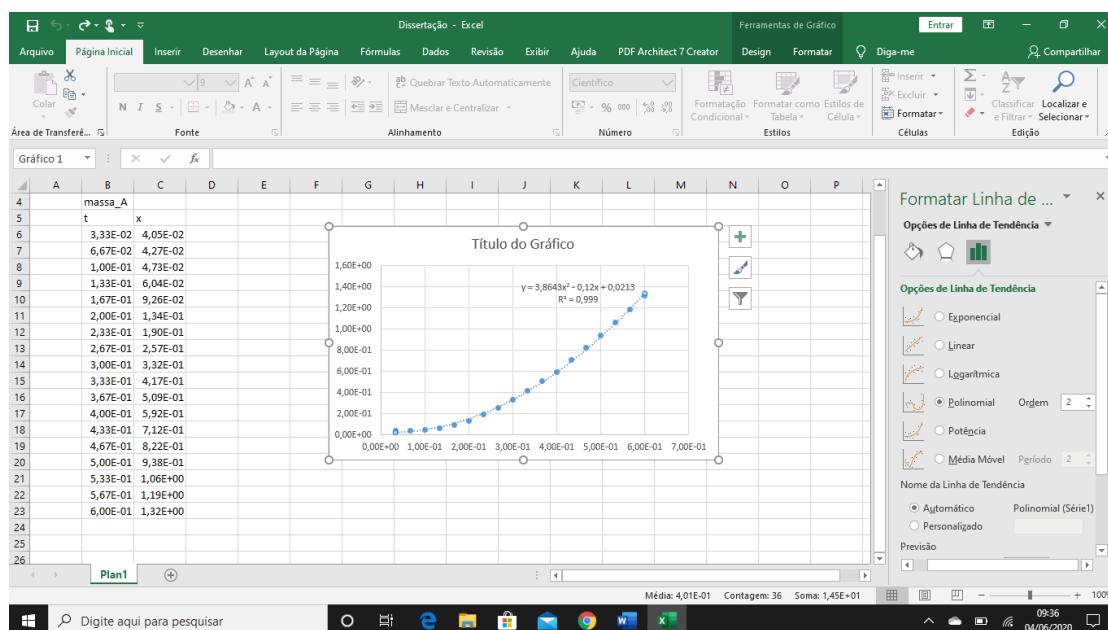


Figura 21 - Exibindo as equações no gráfico

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Capítulo 3, serão descritos os procedimentos metodológicos adotados para realizar o experimento, a organização da sequência didática de aplicação do produto educacional, assim como o método utilizado para a pesquisa desenvolvida.

Capítulo 3 Procedimentos metodológicos

Este capítulo está subdividido em quatro seções, as quais apresentam os procedimentos das atividades experimentais que serão aplicadas em sala de aula, visto que os experimentos foram realizados anteriormente e colhidos os dados respectivos que estão inseridos na seção 3.1 Procedimento de atividades. Em seguida, tem-se na seção 3.2 os procedimentos junto a escola que foi aplicado o produto proposto, contendo uma descrição dos passos e a escolha da instituição de ensino. Na seção 3.3 encontra-se o planejamento da sequência didática utilizada no produto educacional proposto, contendo o passo a passo das aulas que serão ministradas com o uso dos experimentos e do *software* Tracker e Excel, assim como o momento da aplicação dos questionários que serão aplicados. Na seção 3.4, encontra-se a sequência didática, a técnica de análise de dados referente aos questionários aplicados, e a descrição da sequência didática.

3.1 Procedimentos de atividades

Serão descritas as atividades experimentais, que servirão para obter os dados através do Tracker para serem analisados e graficados no Excel, para realizar um estudo comparando os valores obtidos experimentalmente com os valores teóricos.

3.1.1 Atividade 1: Experimento com trilho de ar

Este experimento teve como propósito, o estudo e comprovação da segunda lei de Newton, como descrito e analisado no Capítulo 2, página 8, seguindo os processos do exemplo 1 do segundo capítulo na página 10, e os procedimentos descritos no Capítulo 2.6 relacionado ao Tracker e Excel.

O arranjo experimental completo desta atividade está apresentado na Figura 22.

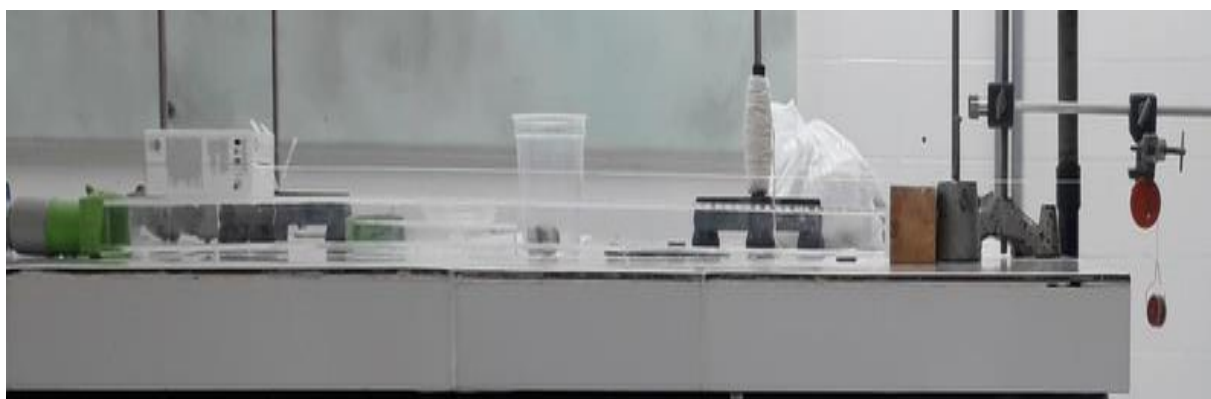


Figura 22 - Arranjo experimental completo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste experimento da Figura 22 teremos alguns pesos que serão colocados na caixinha em cima do trilho de ar que serão puxadas por um fio de seda preso a outro peso que está pendurado e quando ligado o soprador de ar as massas entrarão em movimento. Todo o movimento foi filmado e

utilizado o vídeo no Tracker onde foram seguidos os passos do Capítulo 2.6 e logo após os dados foram copiados e colados no Excel, para cumprir os passos da seção 2.6.1. Esta atividade experimental, visava a comprovação da segunda Lei de Newton experimentalmente. Para isso, os materiais que foram utilizados são:

- Trilho de ar; (R\$150,00);
- Balão; (R\$3,00);
- Roldana; (R\$5,00);
- Fio de seda; (R\$7,00);
- Caixa; (Reutilizada);
- Pesos; (própria escolha sendo devidamente medidas as massas);
- Secador de cabelo; (R\$50,00).

Estes materiais serão demonstrados nas Figuras 23 a 31, especificando material e sua utilidade. O suporte utilizado para fixar a roldana, pode ser adaptado utilizando madeira, utilizando uma alça para fixar a roldana.

Na Figura 23 é mostrado o trilho de ar a ser utilizado contendo as dimensões 100cm x 8cm x 3cm. Este objeto, possui uma abertura em uma das faces para receber o ar que será ejetado para o interior do trilho, e as saídas localizadas em uma das superfícies, que foram projetados para cima. O principal objetivo destas saídas em uma das superfícies é de reduzir o máximo possível o atrito entre trilho e a caixinha da Figura 27.

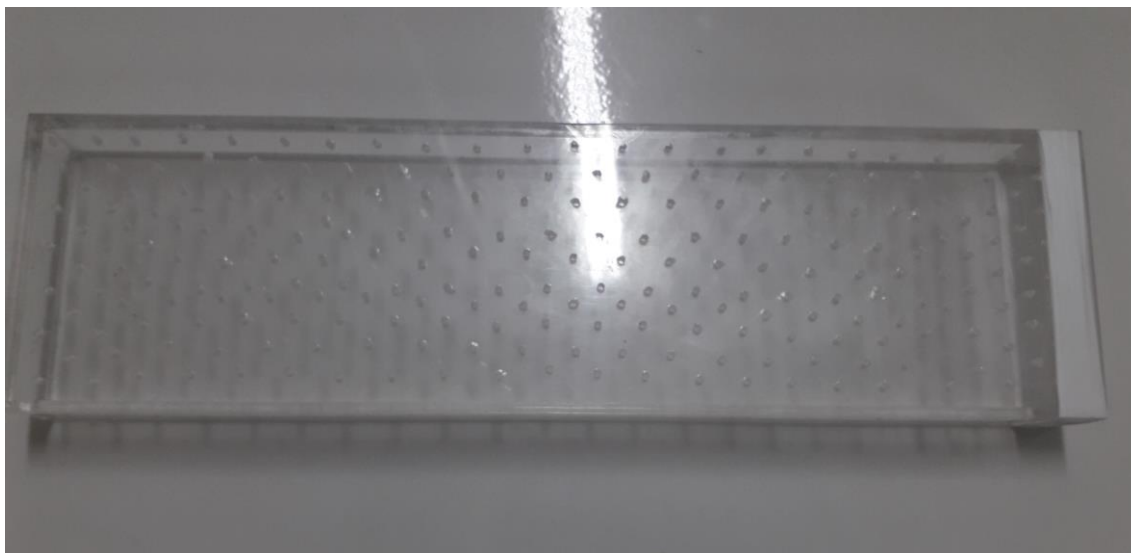


Figura 23 - Trilho de Ar

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para conectar o material que servirá como soprador de ar com o trilho de ar, será utilizado um balão grande de festas, como mostra a Figura 24. Este será cortado e uma de suas extremidades será

embutida no trilho de ar, já a outra extremidade será acoplada no soprador de ar. Sua função será servir de tubo para transferir o ar ejetado do soprador para o trilho.



Figura 24 – Balão de 16 polegadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para realizar o ajuste da posição dos pesos formando um ângulo de 90° , faz-se uso da roldana apresentada na Figura 25. É importante que esta seja leve e com o mínimo de atrito possível, para que se aproxime o máximo do resultado teórico.

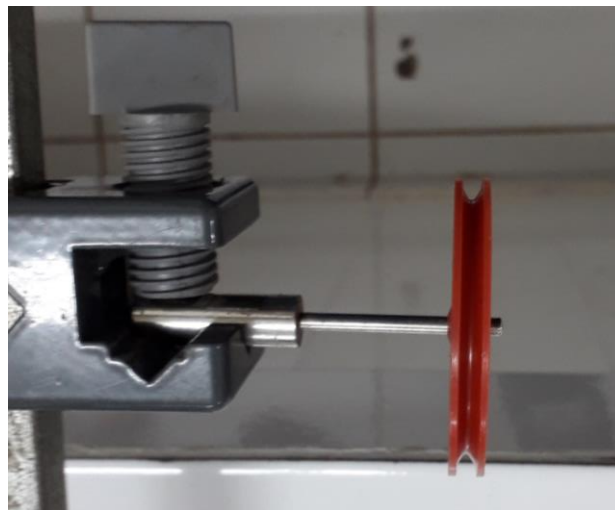


Figura 25 - Roldana

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pesos são ligados pelo fio de seda representado na Figura 26. É importante que este material também seja muito leve para que não afete na coleta de dados para análise.



Figura 26 - Fio de seda
Fonte: Elaborado pelo autor.

A caixinha, representada na Figura 27, serviu como carrinho para transportar os pesos. A caixinha possui área maior que os objetos utilizados como pesos, para que receba uma quantidade maior de ar que está sendo ejetado para fora do trilho, reduzindo assim ao máximo o atrito entre a caixinha e o trilho.



Figura 27 - Caixa
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os objetos a serem utilizados como pesos, serão identificados com sua massa, como mostra a Figura 28, para facilitar a identificação da quantidade a ser apoiada sobre a caixinha da Figura 27, assim como identificar a massa a ser pendurada na extremidade oposta.



Figura 28 – Pesos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como soprador de ar, utilizou-se do secador de cabelo, como apresenta a Figura 29, é importante lembrar que este componente deve ser utilizado em seu modo frio, pois quando utilizado no modo aquecido pode romper o balão que está preso em sua saída.



Figura 29 - Secador de cabelo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Iniciando-se a montagem do experimento, corte o balão e encaixe a extremidade maior no trilho de ar e a menor no secador de cabelo, como mostrado na Figura 30.



Figura 30 - Trilho de ar com balão

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na próxima subseção, está descrita a atividade 2, que está relacionada ao experimento da máquina de Atwood, o arranjo experimental e os materiais utilizados para construção da aplicação da segunda lei de Newton.

3.1.2 Atividade 2: Experimento da Máquina de Atwood

Este experimento tem como propósito a aplicação da segunda lei de Newton, e sua comprovação realizando os procedimentos descritos no Capítulo 2, página 9, que está relacionado a máquina de Atwood no exemplo 2, na página 11, juntamente com os procedimentos do Capítulo 2.6, que descreve o uso do Tracker e Excel.

Neste Experimento, como mostrado na Figura 31, os dois pesos estavam ligados por um fio de seda que passava por uma roldana e sem apoio após serem abandonados, foi realizado um vídeo do movimento e transferido para o Tracker, para serem cumpridos os passos do Capítulo 4 e seção 4.1 dos dados no Excel. Para realização deste experimento, que serve de aplicação da segunda Lei de Newton, fez-se uso de três materiais, que são:

- Roldana; (R\$5,00);
- Fio de seda; (R\$7,00);
- Pesos; (própria escolha sendo devidamente medidas as massas).

O suporte utilizado para fixar a roldana, pode ser adaptado utilizando madeira, utilizando uma alça para fixar a roldana.

A seguir será descrito cada material com sua função para este experimento. O arranjo do experimento completo e montado, está representado na Figura 31.



Figura 31 – Arranjo experimental da máquina de Atwood.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para sustentar os pesos, utilize de uma roldana presa em um suporte, como mostra a Figura 32, certificando-se de que esta seja leve e com o mínimo de atrito possível, para não interferir nos resultados a serem colhidos e analisados no Tracker.

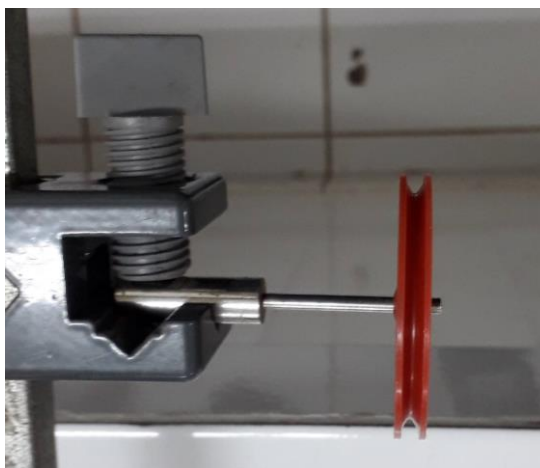


Figura 32 - Roldana.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Una-se os dois objetos utilizados como pesos para este o experimento nas extremidades do fio de seda constituinte na Figura 33, escolhido este tipo por ser leve e reduzir o atrito, de maneira que não infira de maneira significativa no experimento.



Figura 33 – Fio de seda.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pesos utilizados para esta atividade devem estar previamente identificados com suas massas, como exibe a Figura 33, mas foram medidas suas massas utilizando uma balança para conferir seus valores.



Figura 34 - Pesos.
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Procedimentos junto a instituição de ensino

Este trabalho visou sua aplicabilidade nas aulas regulares do primeiro ano do ensino médio. Visto isso, os procedimentos adotados foram autorizados pela direção da escola de ensino, pela coordenação pedagógica e pelo professor.

3.3 Aula ministrada: aplicação do produto educacional

Visando considerar que um conhecimento seja científico, torna-se necessário realizar a identificação das operações mentais e técnicas que possibilitam a sua verificação. Em outras palavras, determinar o método que possibilitou chegar a esse conhecimento. (Adaptado de Gil, 2008, p.8)

As informações serão colhidas através de questionário, o que Gil define como “técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos” (GIL, 2008, p.121). A partir desta técnica, foram aplicados dois questionários, onde foram apresentadas as declarações dos alunos e resolução de exercícios, expostos no Capítulo 4 em forma numérica agrupados em tabela, afim de classificar e analisar estes dados.

O primeiro questionário está voltado para os conhecimentos já obtidos pelos alunos que serão utilizados para o aprendizado da segunda lei de Newton, o que são chamados de subsunçores, com o intuito de relacionar com a teoria de aprendizagem fazendo uso de conhecimentos prévios de David Ausubel, por meio de declaração e atividades fazendo uso de cálculos, assim como o trabalho em grupo visando a teoria sócio-interacionista de Vigotsky. Vale ressaltar que, este trabalho realizado em grupo obteve êxito, tendo em vista o resultado desta experiência, onde os alunos puderam lembrar do conteúdo e resolver os exercícios com o conhecimento obtido.

O segundo questionário, está relacionado com o conhecimento adquirido, se o aluno fez uso dos subsunçores apresentados no primeiro questionário, analisar a interação em grupo e avaliar o método de ensino utilizado, através de perguntas descritivas e exercícios para resolução utilizando cálculos.

Os questionários possuem algumas características em seu uso, dentre as tais destacam-se para sua utilização: garantia do anonimato das respostas, permite que as pessoas o respondam no momento em que julgarem mais conveniente, não expõe os pesquisados à influência das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado. Ressalta-se que esta aplicação, os alunos responderam ao questionário em sala, de acordo com a sequência do Tabela 1. (Gil, 2008, p.122)

As subseções abaixo descrevem para melhor entendimento, o procedimento metodológico exposto na Tabela 1.

3.3.1 Ensino a respeito da segunda lei de Newton

A primeira etapa, constituiu na aplicação de um questionário, com o objetivo de obter opiniões e informações dos alunos a respeito do ensino sem a utilização do Tracker, para que pudesse ser debatido posteriormente e assim serem realizadas discussões e obter conclusões.

3.3.2 Aplicação do questionário 1

Nesta segunda etapa, o procedimento descrito consiste em realizar o ensino em sala de aula através do método tradicional com o uso do quadro e pincel ou giz, afim de proporcionar ao estudante o ensino em que está habituado no dia a dia escolar.

3.3.3 Apresentação das ferramentas de ensino: Experimentos e Tracker

Na terceira etapa, será realizado uma breve apresentação dos experimentos juntamente com os aplicativos Tracker e Excel, os *softwares* serão descritos similarmente ao que está descrito na seção 2.6, desta forma, disponibilizar conhecimento ao discente a respeito dos experimentos, do Tracker e Excel.

3.3.4 Ensino da segunda Lei de Newton com o uso dos experimentos

A quarta etapa, é o momento onde o ensino será aplicado com o uso dos experimentos e dos *softwares*, nesta etapa, os alunos fizeram a observação do experimento do trilho de ar, com o objetivo de comprovação da segunda lei de Newton, em seguida, os estudantes se reuniram em grupos de 5 pessoas, para aplicação da segunda Lei de Newton, onde houve interação, discussão e troca de ideias entre os tais, visando a interatividade e o compartilhamento de conhecimento, logo após, foi realizado uma análise gráfica no próprio Tracker e os dados transpostos para o Excel, para assim obter a descrição matemática dos experimentos realizados.

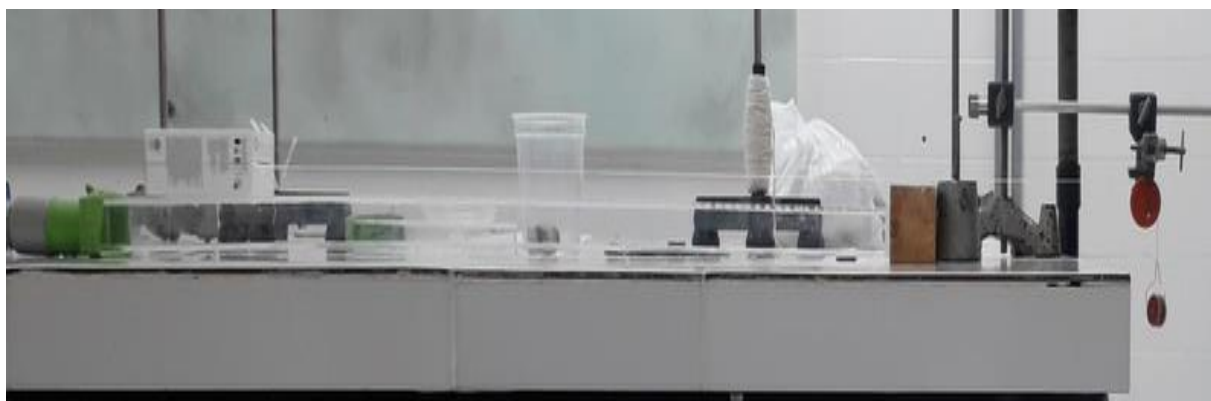


Figura 35 - Arranjo do experimento com o trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.5 Demonstração com o uso do Tracker e Excel

Nesta etapa, a segunda Lei de Newton será demonstrada e aplicada através dos experimentos, serão colhidos os dados através do Tracker e levados ao Excel, afim de obter a relação matemática entre os parâmetros, força, massa e aceleração, essa relação será comparada com a teoria.

3.3.6 Aplicação da segunda Lei de Newton

Será realizado na sexta etapa, a aplicação experimental da segunda lei de Newton, através da máquina de Atwood descrita no subitem 3.1.2, com os grupos de 5 alunos formado na etapa descrita

em 3.3.4, eles próprios realizaram o experimento, para que possuam uma prática aplicada a segunda lei de Newton, em busca de uma percepção maior do fenômeno físico que está ocorrendo, realizado uma discussão em grupo utilizando os conteúdos previamente obtidos.



Figura 36 - Arranjo experimental da máquina de Atwood
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.7 Inserção no Tracker e Excel

Nesta etapa, o vídeo do experimento de aplicação da segunda lei de Newton foi inserido no aplicativo Tracker, para serem recolhidos os dados e transferidos para o Excel.

3.3.8 Aplicação do questionário 2

Para a oitava etapa, será aplicado um segundo questionário, agora sobre o ensino com o uso dos experimentos usando o tracker e Excel.

3.4 Sequência didática e técnica de análise de dados

Para obedecer a sequência do procedimento didático da Tabela 1.

Etapa	Descrição da atividade	Tempo
1	Aplicação do questionário 1. Ensino da segunda lei de Newton com o uso dos experimentos.	50 min
2	Inserção do vídeo e análise de dados.	50 min
3	Aplicação da segunda lei de Newton.	50 min
4	Inserção do vídeo de aplicação e análise dos dados. Aplicação do questionário 2.	50 min

Tabela 1 - Sequência didática.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a etapa 1, serão inclusos os procedimentos de: Ensino a respeito da segunda lei de Newton; aplicação do questionário 1; apresentação das ferramentas de ensino: Experimentos e Tracker. Este experimento de comprovação da segunda lei de Newton estará pronto em sala, visto que sua montagem não seja rápida, e o tempo disponível em sala é curto.

Na etapa 2, estão inclusos os seguintes procedimentos: Ensino da segunda lei de Newton com o uso dos experimentos; demonstração com o uso do Tracker e Excel. Para que o aluno possa ter um bom entendimento do conteúdo e da análise gráfica, dedica-se a estes processos 50 minutos de aula.

Durante a terceira etapa, está incluído a aplicação da segunda lei de Newton, neste processo, os próprios alunos reunidos em grupos montarão o experimento, para que fortaleça a sócio interação entre eles e possam estar visualizando de maneira aplicada.

Na quarta etapa, os procedimentos metodológicos inclusos são: Inserção no Tracker e Excel; interpretação e discussão, por parte dos alunos e mediada pelo professor, dos resultados do experimento. Nesta etapa também será aplicado o questionário 2. Será inserido o vídeo de aplicação da segunda lei de Newton (máquina de Atwood) nos aplicativos, para que seja realizado a análise dos dados que serão obtidos.

Diante da metodologia proposta, esta pesquisa obteve avaliação qualitativa, segundo Gerhardt e Silveira (2009) “A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc.”, diante disto, expõe-se que esta pesquisa visa medir a qualidade do produto educacional no grupo social no qual será aplicado.

Na imagem 37, os alunos já estão divididos em grupos prestes a desenvolver o experimento do trilho de ar para que seja produzido o vídeo e ser realizada a análise do experimento no Tracker e Excel.



Figura 37 - Foto dos alunos em sala.

Fonte: Foto do autor.

O Sociointeracionismo sendo aplicado em sala de aula está representado na figura 38, onde os alunos estão debatendo o assunto estudado.

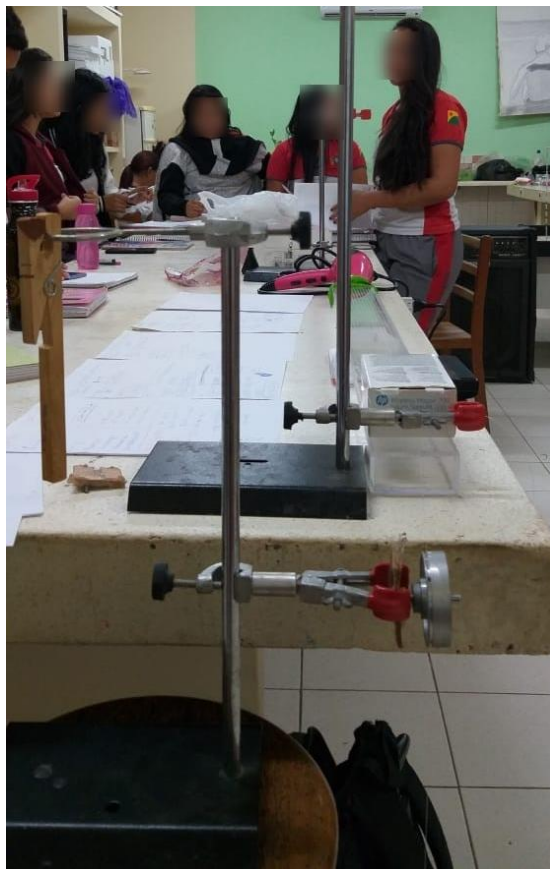


Figura 38 – Alunos em grupo.
Fonte: Foto do autor.

Na figura 24, o experimento do trilho de ar está sendo montado para que seja devidamente analisado.

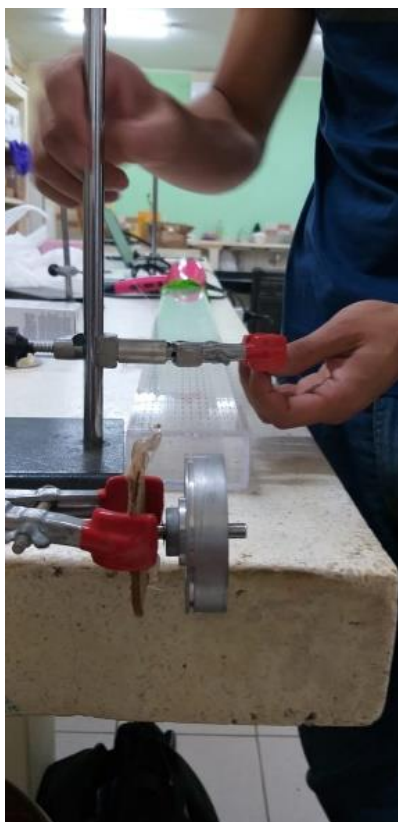


Figura 39 – Utilizando experimento.
Fonte: Foto do autor.

Está sendo representado na figura 40, os alunos utilizando a Tecnologia da Informação e comunicação.



Figura 40 – Utilizando a Tecnologia da Informação e Comunicação.
Fonte: Foto do autor.

O uso dos aplicativos pelos alunos está representado na figura 41, percebe-se que ainda em grupo, trocando ideias e tirando dúvidas.



Figura 41 – Alunos utilizando os aplicativos.
Fonte: Foto do autor.

Na figura 42, está uma demonstração da resolução de um dos exercícios propostos aos alunos.

corpos ligados por um fio ideal e Polia Ideal
 $F_R = m \cdot a$
 $T = m \cdot a$
 $B: T - P_B = T = m_B \cdot a$
 $P_B = 10 \text{ (N)}$
 Corpos ligados por um fio atarraves de Polia:
 Polia:
 $T_A = T_B = 69 \text{ g}$
 $m_B = 10 \text{ g}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $a = \left(\frac{m_B}{m_A + m_B} \right) \cdot g$
 $a = \left(\frac{10}{179} \right) \cdot 10$
 $a = \left(\frac{10}{179} \right) \cdot 10$
 $a = 1,26 \dots \text{ m/s}^2$

Figura 42 – Cálculos dos alunos.
Fonte: Foto do autor.

Pode ser observado na figura 43 que a aplicação obteve êxito e os alunos chegaram no gráfico seguindo os passos propostos.

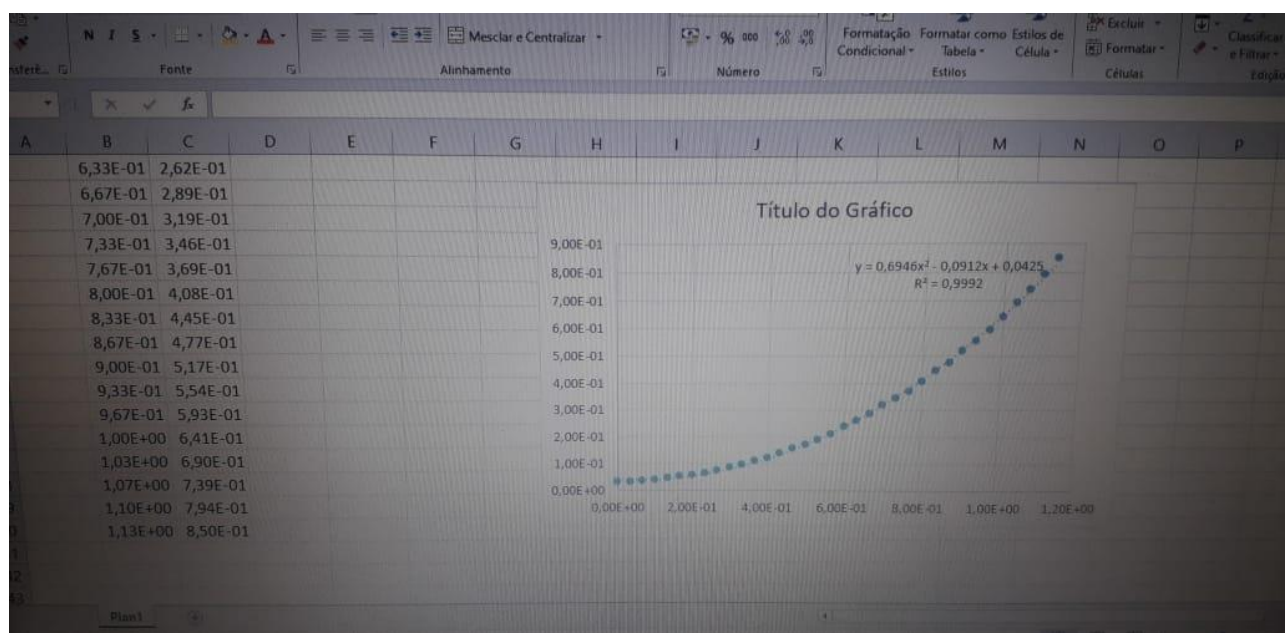


Figura 43 - Gráfico elaborado pelos alunos.

Fonte: Foto do autor.

A figura 44, apresenta o gráfico obtido por outro grupo de alunos, obtendo também resultado positivo ao seguir os passos com o Tracker e Excel.

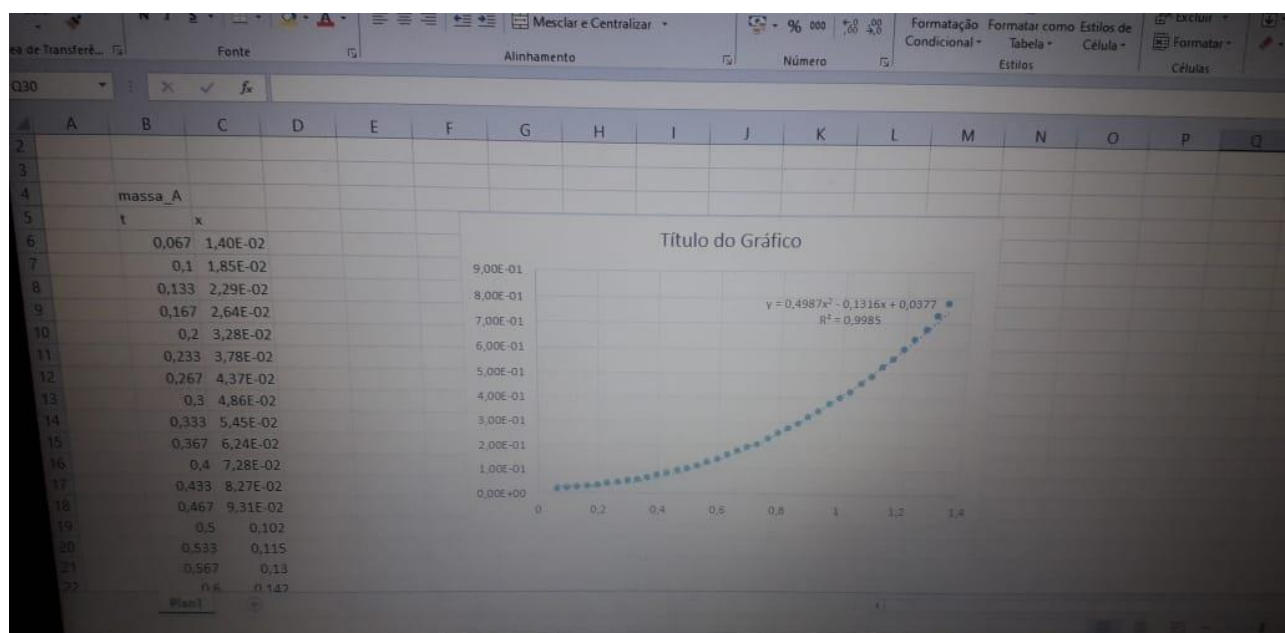


Figura 44 – Resultado obtido pelos alunos.

Fonte: Foto do autor.

Capítulo 4 Resultados e Discussões

Este capítulo apresenta em duas seções os resultados obtidos da pesquisa, na Seção 4.1, estão as respostas dos estudantes para o primeiro questionário (apêndice B), que está relacionado aos seus conhecimentos prévios envolvendo perguntas sobre os conhecimentos que possuem e exercícios para resolução. Na Seção 4.2, estão as respostas do segundo questionário (apêndice B), este está relacionado aos conhecimentos que foram adquiridos a respeito da segunda lei de Newton, com o uso dos subsunçores e do estudo sociointerativo, e o método utilizando experimentos, vídeos e aplicativos para análise de dados. Esta pesquisa foi realizada com duas turmas definidas como “A” contendo 34 alunos, e “C” possuindo 21 alunos.

4.1 Conhecimentos prévios de conceitos já estudados

O texto descrito nesta seção, diz respeito aos resultados do questionário 1, localizado no apêndice A, e está relacionado aos conhecimentos prévios dos alunos de duas turmas do primeiro ano, questionário aplicado antes de iniciar o uso do guia prático.

A primeira pergunta oferece aos estudantes quatro opções de escolha, podendo ser escolhido até três alternativas, levando em consideração o conteúdo estudado nos bimestres anteriores relacionados a cinemática. Visto que a pergunta dois faz alusão a primeira pergunta, é feita uma discussão relacionando ambos os resultados das perguntas, que estão expostos nas Figuras 45 e 46.

Diante da primeira pergunta relacionada aos seus conhecimentos prévios, os estudantes deveriam escolher os conteúdos na qual possui conhecimento, dentre os tais estavam listados: Espaço, velocidade, aceleração, e caso não tivesse conhecimento de nenhum dos citados anteriormente, a opção de nenhuma das opções. Torna-se interessante o fato de os alunos terem conhecimento de aceleração, e relatar não ter conhecimento de espaço e/ou velocidade, assim como os que afirmaram possuir conhecimento sobre velocidade e não marcar espaço, assim foi o registro de alguns alunos na primeira questão.

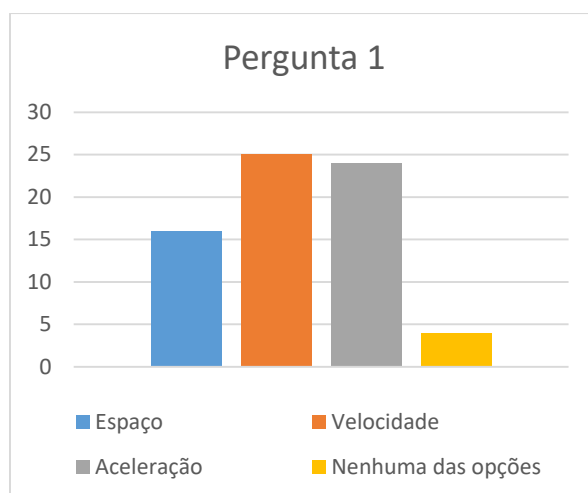


Figura 45 - Primeira pergunta do primeiro questionário.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda pergunta, busca de cada estudante o nível de conhecimento que possui no conteúdo já estudado, medindo seu grau de familiarização com o assunto de acordo com os níveis de classificação, que são: “Sim”, caso tenha bom conhecimento; “Razoável”, se tiver conhecimento, mas não completo; e “Não” caso não tenha adquirido nenhum conhecimento. O reflexo de como se encontram os alunos, diante disto, está na Figura 46.

Levando-se em consideração os alunos que afirmaram não ter conhecimento sobre espaço, velocidade e aceleração, que foram quatro, na segunda pergunta, restam apenas dois alunos que afirmaram ter conhecimento em algum dos assuntos, porém não estão familiarizados com o assunto em que afirmaram obter conhecimento, onde um deles foi somente em velocidade e o outro aceleração.

Diante do exposto, ressalta-se os 28 alunos que possuem ao menos um pouco de afinidade com os conteúdos anteriormente estudados, o que é de grande importância que eles tenham essa recordação de seus conhecimentos prévios.

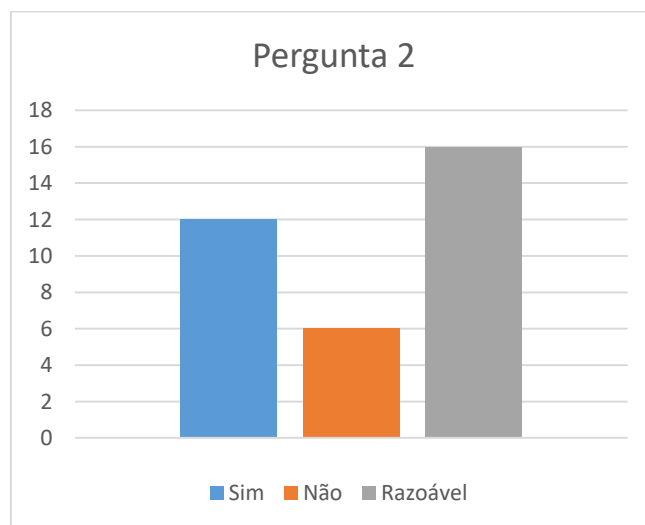


Figura 46 - Segunda pergunta do primeiro questionário.

Para a terceira pergunta do questionário relacionado aos conhecimentos prévios, os estudantes tiveram que resolver um exercício envolvendo o assunto já estudado, onde deveriam ter marcado a alternativa certa deste exercício teórico. A quantidade de respostas por letra está presente na Figura 47.

Observa-se que dos 34 alunos que responderam o questionário, apenas 3 deixaram este exercício em branco, e não responderam nenhuma das afirmações, restando 31 estudantes que demonstraram seu conhecimento respondendo à questão proposta. Tendo um equilíbrio nas alternativas escolhidas, como pode observar-se na Figura 47, onde 12 alunos responderam letra A, 10 letra B e 8 afirmaram letra C.

Este exercício chamou muito a atenção de todos os participantes, enquanto foi aplicada eles recorriam ao professor e ao pesquisador, questionando as alternativas, justificando uma a uma, e, inclusive, trocando ideias com seus colegas, buscando justificativas para a resposta correta, já utilizando a interação social entre os indivíduos presentes em sala.

Esta discussão entre os alunos, foi de grande importância, afinal, além de estarem exercitando a sociointeração, estavam inclusive lembrando dos conhecimentos prévios adquiridos nas aulas anteriores, conforme o colega ia justificando ou apresentando conceitos, o indivíduo ouvinte no momento relacionava com o assunto que já havia estudado e trazia ao momento exemplos e mais afirmações que os ajudavam a tomar suas escolhas pela alternativa correta, sendo assim, tivemos 13 alunos respondendo corretamente, o que era de se esperar visto que a maioria afirmou compreender razoavelmente os assuntos.

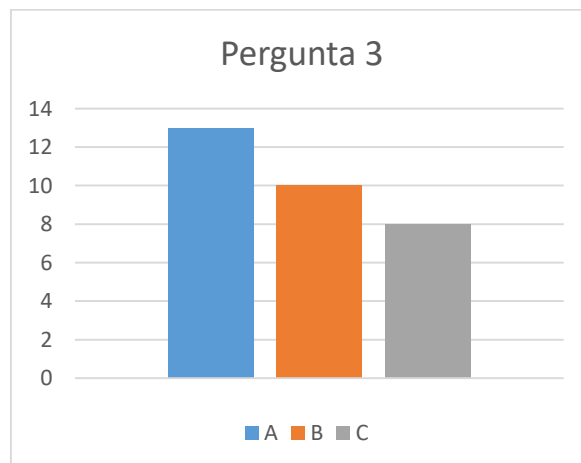


Figura 47 - Terceira pergunta do primeiro questionário.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na quarta pergunta do primeiro questionário (Figura 48), os estudantes deveriam responder a uma pergunta de física relacionada ao conteúdo da função horária do movimento retilíneo

uniformemente variado (MRUV), já estudado anteriormente. Neste exercício possuí a seguinte função horária $S = 20 + 4t + 5t^2$ e deveriam encontrar a posição do móvel após 5 segundos e sua aceleração.

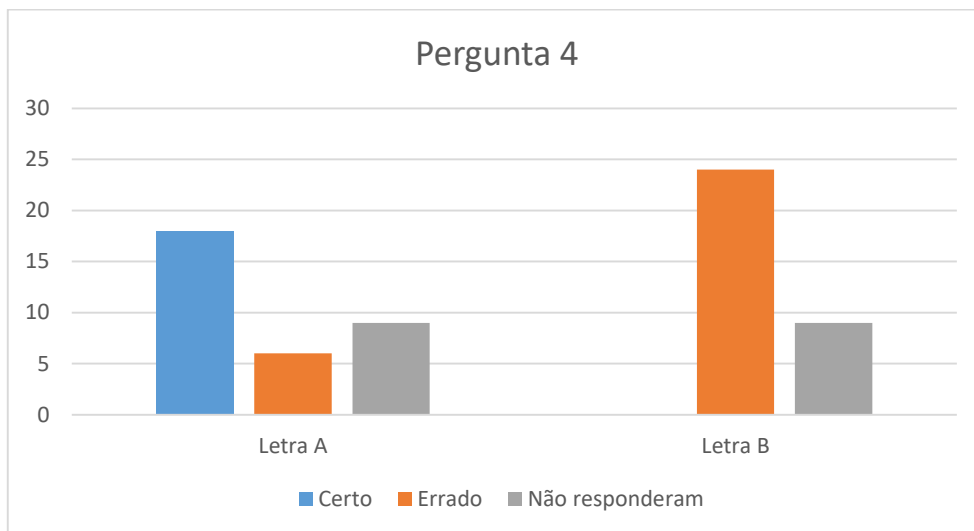


Figura 48 - Quarta pergunta do primeiro questionário.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante deste exercício aplicado, pode-se observar na Figura 48 que entre 34 alunos, 9 não responderam nenhuma das questões e apenas 25 responderam. Dentre os que responderam, 19 chegaram no resultado certo e 6 erraram a letra A, que correspondia em encontrar a posição do automóvel, e todos erraram a letra B, nenhum dos estudantes encontrou a aceleração do automóvel.

Ao observar e analisar os números da Figura 48, percebe-se que a turma possui um rendimento baixo neste exercício utilizando cálculos, apenas 55,88% dos alunos acertaram a letra A e 26,47% não conseguiram responder nenhuma das opções. Porém todos os alunos que responderam a letra A, faltaram com a atenção na função proposta ao responderem a letra B, pois já possui a aceleração na equação, e optaram por tentar pela equação da aceleração velocidade/tempo, não chegando na resposta certa.

Na turma “C” que também foi aplicado o produto educacional, pode-se realizar um comparativo com a turma “A”, que obteve quatro alunos que afirmaram não possuir conhecimento algum relacionado aos assuntos da primeira pergunta, esta turma “C” possui somente um aluno que afirma não ter aprendido os conteúdos de espaço, velocidade e aceleração.

Porém, em ambas as turmas pode-se notar parte dos alunos afirmarem ter conhecimento em aceleração e/ou velocidade, mas não possuir conhecimento sobre espaço, como pode ser visto na Figura 49. Destaca-se que, os conteúdos de espaço e velocidade são um conhecimento prévio para aceleração, que eles não o relacionaram.

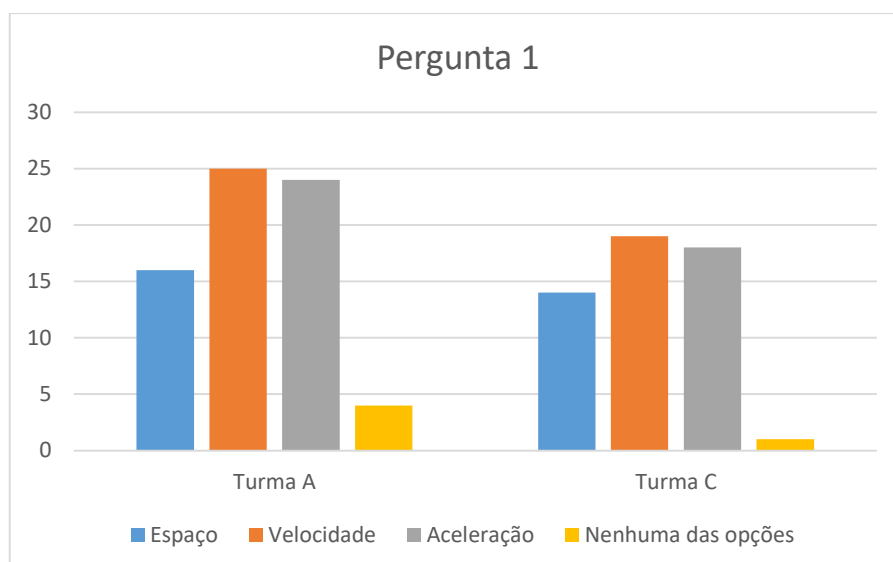


Figura 49 - Primeira pergunta do primeiro questionário.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao nível de familiaridade, representado na figura 49 que está relacionado a pergunta 2 do primeiro questionário, quando comparado com a turma anterior como mostra no Figura 46, percebe-se que o índice de alunos que relatam não obter conhecimento é menor, pois nesta turma, apenas dois alunos apontaram não ter conhecimento sobre os conteúdos de espaço, velocidade e aceleração.

Por outro lado, apenas um dos estudante afirmou ter um bom entendimento conteúdo, em comparação com a turma anterior que teve 12 alunos que afirmaram sim (Figura 50), os conhecimentos prévios adquiridos por esta turma não se tornam muito evidentes quando visto pela quantidade de resposta “sim”, mas em termos de respostas positivas que são os “razoáveis” e “sim” esta turma se mostra mais preparada com os conhecimentos previamente adquiridos.

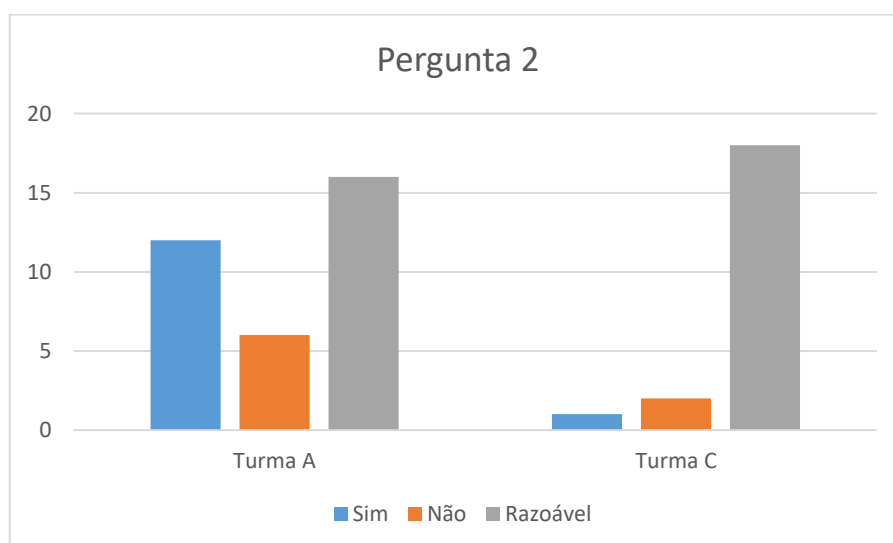


Figura 50 - Segunda pergunta do primeiro questionário.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante da terceira pergunta do questionário (Figura 51), assim como os alunos da turma A, nesta classe também houve discussão a respeito da resposta correta, buscando justificativas compartilhadas em grupo, desta maneira sendo trabalhado o sociointeracionismo entre os estudantes, compartilhando diferentes ideias adquirindo conhecimento.

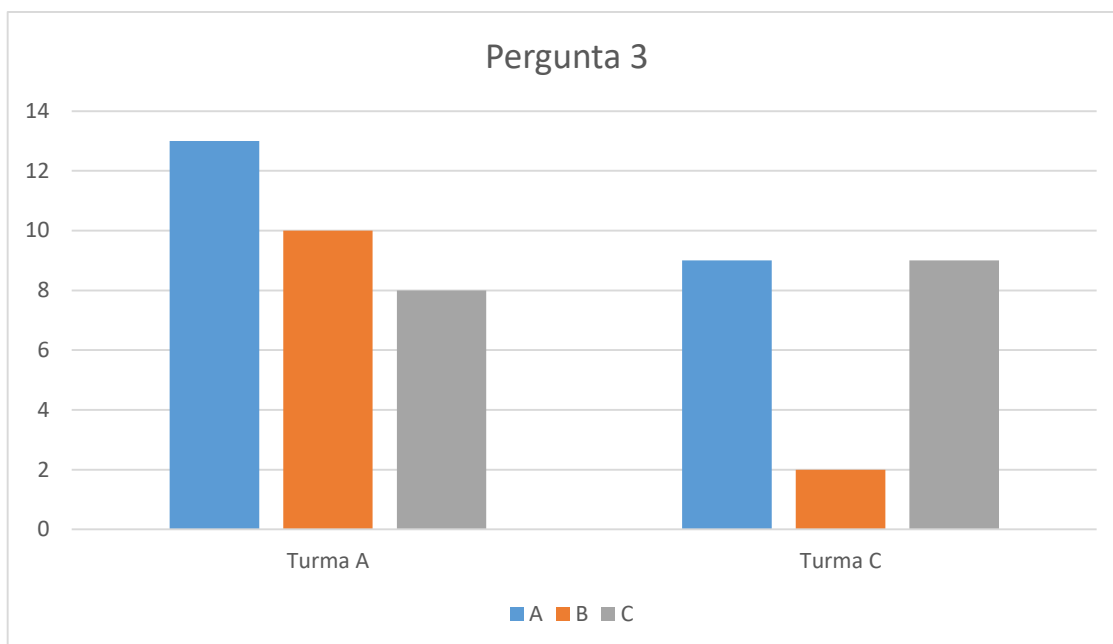


Figura 51 - Terceira pergunta do primeiro questionário.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os alunos da turma “C” (Figura 52) possuíram o rendimento um pouco melhor em relação aos da turma “A” (Figura 48), visto no gráfico 8 que dentre os 21 alunos presente, 19 deles responderam o exercício proposto, sendo que todos os estudantes responderam certo a letra A encontrando a posição do automóvel, no entanto, assim como a turma “A” (Figura 48), não houve resposta certa para a aceleração.

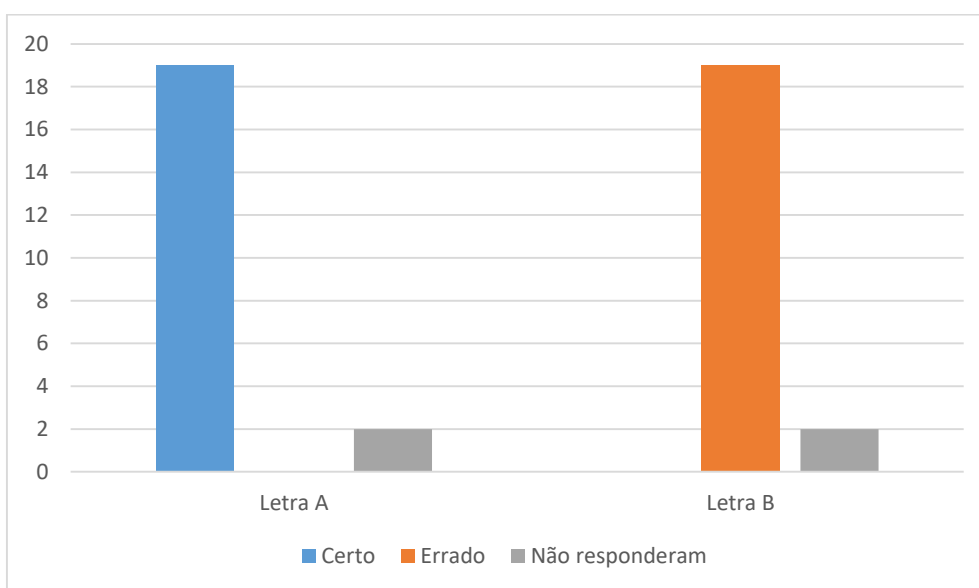


Figura 52 - Quarta pergunta do primeiro questionário.

Pode observar-se que ambas as turmas em seus questionários relacionados aos conteúdos prévios, ou seja, o que já foi estudado, encontram-se de maneira razoavelmente preparadas para avançar ao próximo conteúdos, visto suas respostas, encontra-se mais preparada a turma “C” que obteve respostas mais eficientes, na primeira e segunda pergunta, os alunos da turma “C” mostram que tem conhecimento a respeito dos assuntos prévios e afinidade superior aos da turma “A”. A seguir, veremos o desempenho das duas turmas após a utilização do produto educacional proposto.

4.2 Declaração dos alunos a respeito do guia utilizado

Diante da primeira pergunta do segundo questionário, os estudantes deveriam expor na forma de relato, se tinha a percepção da utilização do conhecimento prévio adquirido durante o aprendizado sobre cinemática. A turma “A” obteve apenas 4 respostas negativas, afirmando não ter feito a ligação do conteúdo já estudado com o atual conteúdo das leis de Newton, percebe-se que esta é a mesma quantidade de estudantes que assinala não ter conhecimento sobre espaço, velocidade e aceleração, como apresentado na Figura 45.

Comparando-se também com os alunos que afirmaram não estar familiarizado, ou seja, não possuir afinidade com os conteúdos propostos para conhecimento prévio, temos um número reduzido de 6 para 4 alunos, o que nos faz pensar que 2 alunos que afirmaram ter o conhecimento, mas não estar familiarizado, sofreram a ação da ligação da nova ideia com os subsunçores pre existentes em sua mente, tornando o conhecimento ativo novamente em sua mente.

Os alunos da turma “A” que afirmaram percepção do uso dos conhecimentos previamente obtidos diante do novo conteúdo, descreveram a utilização do conteúdo de aceleração nas Leis de Newton.

Na segunda pergunta, os alunos da turma “A” relataram como os conhecimentos prévios facilitaram em sua aprendizagem, e seus relatos positivos demonstram o quanto é importante a ligação do novo assunto com o conteúdo já estudado, alguns alunos relataram “eu obtive o conhecimento mais rápido”, “ajuda nos conhecimentos” ou “facilitando na minha aprendizagem”. É de grande importância esse resultado na primeira e segunda pergunta, onde os alunos em sua grande maioria relacionaram os conhecimentos já adquiridos com o novo conteúdo, o que mostra sua compreensão do conteúdo transmitido.

Os alunos da turma “C”, em suas respostas diante da primeira pergunta sobre o reconhecimento da utilização do conhecimento prévio, somente um estudante respondeu de maneira negativa, mesma quantidade de alunos desta mesma turma que afirmou não possuir conhecimento relacionado a espaço, velocidade e aceleração na Figura 48. Quando comparados com os alunos que

afirmaram não possuir familiaridade, ou que não possuem afinidade com o conteúdo exibido na Figura 49, foi reduzido de 2 para 1 aluno.

Diante da segunda pergunta, os alunos foram questionados sobre como estes conhecimentos prévios facilitaram sua aprendizagem, e em suas declarações como “na explicação dos cálculos facilita no conhecimento”, “em questão dos cálculos”, “tem um entendimento melhor” “estes conhecimentos prévios facilitaram um pouco minha aprendizagem” e “revendo para facilitar os cálculos”; mostram que o conhecimento adquirido anteriormente e recapitulado rapidamente na aula são eficientes na evolução do conteúdo, ou seja, para adquirir um novo conhecimento.

Diante da terceira pergunta, o estudante teria que descrever como o estudo realizado em grupo proposto neste guia prático para o ensino da segunda lei de Newton auxiliou em sua aprendizagem, os alunos de ambas as turmas responderam positivamente com afirmações tipo: “me facilitou bastante para tirar minhas dúvidas”, “muito pelo fato de estar conhecendo o conhecimento dos outros colegas”, “com o compartilhamento de ideias”, “deu de tirar as dúvidas entre colegas e foi bem legal”, “me ajudou a ter conhecimento a mais para área que eu vou cursar”, “quando uma pessoa divide algo com a outra, ele pode dividir seus conhecimentos” e “os alunos que sabem mais sobre, podem ajudar os que tem dificuldades”.

Ao observar as declarações dos alunos, percebe-se que para ambas as turmas, o ensino sociointerativo utilizado no guia prático para ensino da segunda lei de Newton, obteve resultado satisfatório, destacando-se o compartilhamento de diferentes ideias entre os alunos, fazendo assim que eles possam observar o mesmo assunto de diferentes maneiras tornando seu conhecimento mais amplo e mais aplicado.

Na quarta pergunta do segundo questionário, os alunos relataram se teriam se sentido mais atraídos pelas aulas executadas de acordo com o guia prático para o ensino da segunda lei de Newton, e como isso foi importante para o seu aprendizado.

Em seus relatos, os alunos da turma “A” afirmaram: “sim, por que não fica tão tedioso”, “sim, isso tirou minhas dúvidas”, “sim foi legal teve participação”, “ajuda-nos com o compartilhamento” e “sim, por que a prática mostra o sentido dos cálculos”; estas declarações revelam o quanto é benéfico o método de ensino fazendo uso dos conhecimentos já obtidos ligando-os com o novo conteúdo a ser aprendido, e também com o sociointeracionismo, com o compartilhamento de ideias, e a participação do aluno.

Na última afirmação destacada, percebe-se que o uso do vídeo e do software, tiveram uma participação fundamental, na visualização do que está sendo estudado com o que é observado pelo aluno em alguma atividade no seu dia a dia, motivando o estudante a aprender sobre a disciplina e perceber o sentido dos cálculos com a coleta de dados realizada pelo software e teorias na prática.

Com os alunos da turma “C” não foi diferente, eles também sentiram-se mais atraídos pela disciplina com a forma apresentada, declararam “sim, pra mim é uma atividade diferente”, “pelo experimento”, “sim, elas incentivam mais”, “sim, por que é curioso, ou seja, desperta curiosidade” e “senti muito desenvolvimento, aprendi muito”; ressaltando a eficácia do uso de experimentos, vídeos e aplicativo, despertando a curiosidade e incentivando os alunos a dedicar-se mais ao estudo.

O segundo questionário possui dois exercícios, ressalta-se que durante a aula, foi resolvido no quadro um exemplo com diferentes valores para absorção do conteúdo, porém, estes foram os dois primeiros exercícios onde os alunos puseram seus conhecimentos com cálculos em prática relacionando os novos conhecimentos adquiridos.

O exercício proposto na quinta pergunta, os alunos deveriam encontrar a aceleração do movimento dos blocos da máquina de Atwood com os valores indicados na questão. A turma “A” está representada na Figura 53, pode perceber-se que apesar de ser o primeiro exercício do novo conteúdo 63,16% dos alunos já conseguiram responder de maneira correta, e apenas 2 alunos responderam errado e 5 não responderam. Já a turma “C” (Figura 54) obteve um rendimento superior de maneira significativa em relação a turma “A”, com 88,23% das respostas certas e apenas 1 aluno não respondeu e a mesma também 1 aluno errou a questão.

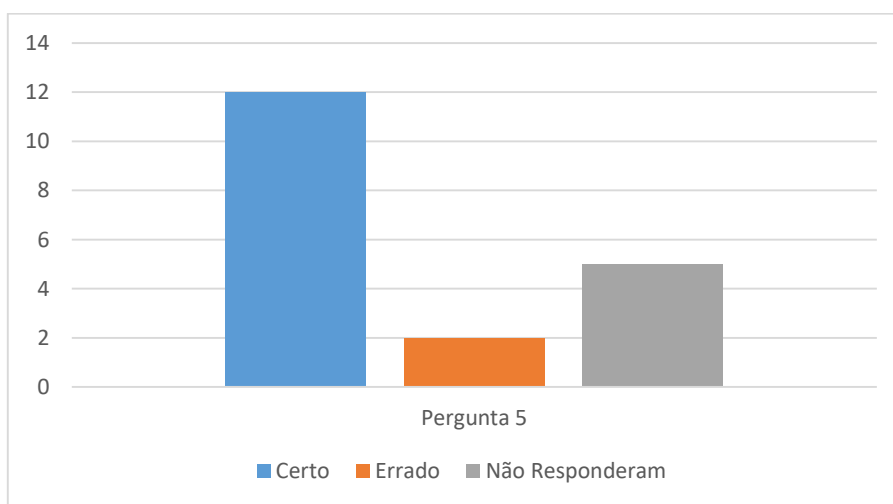


Figura 53 - Quinta pergunta do segundo questionário, aplicado na turma “A”.
Fonte: Elaborado pelo autor.

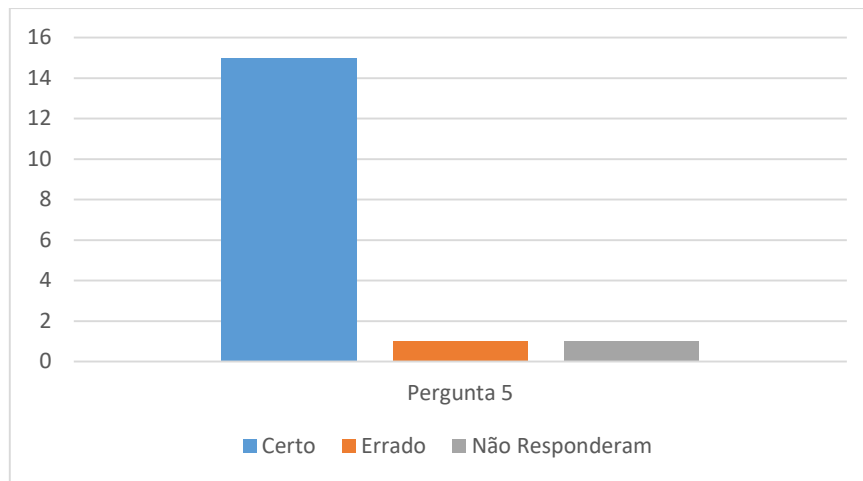


Figura 54 - Quinta pergunta do segundo questionário, aplicado na turma “C”.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o sexto exercício do segundo questionário, os estudantes deveriam encontrar a aceleração em um esquema utilizado com um bloco livre e outro apoiado sobre uma mesa sem atrito e ligado por um fio ideal que passava por uma roldana. Os alunos da turma “A” (Figura 55) em grande parte não responderam o exercício e dos 9 que responderam apenas 1 respondeu de maneira correta. A turma “C” (Figura 56) por sua vez, teve 10 alunos que acertaram a questão, 3 erros e 4 pessoas não responderam à questão. Esta diferença entre as turmas já está visível desde o questionário 1 onde se avaliou seus conhecimentos prévios.

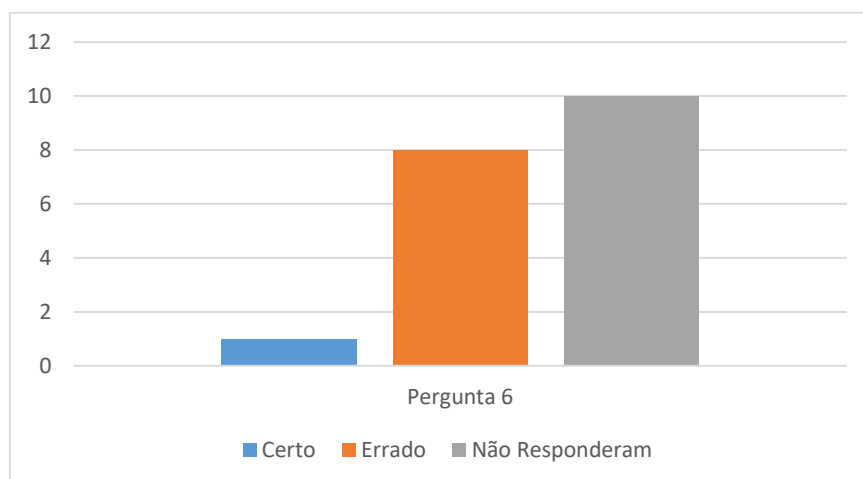


Figura 55 - Sexta pergunta do segundo questionário, aplicado na turma “A”.
Fonte: Elaborado pelo autor.

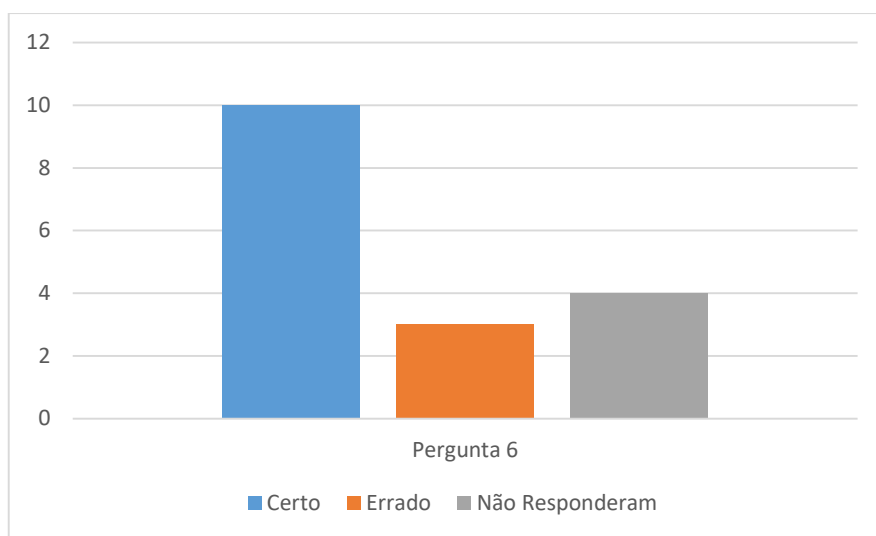


Figura 56 - Sexta pergunta do segundo questionário, aplicado na turma “C”.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De maneira positiva, ambas as turmas não possuíram acertos na quarta questão do primeiro questionário, onde pedia para encontrar a aceleração. Apesar disso, ambas as turmas adquiriram conhecimento relacionado a aceleração com o novo conteúdo, possuindo acertos em seus primeiros exercícios respondidos do novo conteúdo.

4.3 Comparação dos resultados obtidos com outros trabalhos da literatura

Com os resultados obtidos a partir da declaração dos alunos nos questionários, podemos observar que diante das experiências vistas na Seção 1.1 relacionada aos experimentos no ensino de Física. No trabalho elaborado por Martinho e Soares (2019), os alunos realizaram uma discussão sobre o conteúdo estudado e obtiveram uma melhor compreensão a respeito do assunto visto, assim como ocorreu neste trabalho, onde os alunos debateram sobre a segunda lei de Newton e obtiveram êxito no processo de ensino e aprendizagem. Na pesquisa realizada por Araújo et Al (2017), afirmaram que o aluno se sente participante do seu próprio conhecimento, sendo um papel positivo desenvolvido pelo aluno, e isto ficou evidente com o uso dos experimentos, os alunos puderam perceber o fenômeno Físico no seu cotidiano, ajudando a obter um melhor entendimento sobre a segunda lei de Newton.

De mesmo modo, o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's), tornou o ensino mais atrativo, o uso de vídeos e aplicativos de computador são as tecnologias atuais e foram utilizadas para contribuir de maneira positiva ao processo de ensino. Na Seção 1.2, vimos trabalhos que obtiveram sucesso em suas metodologias como de Leal e Oliveira (2019), destacaram que “necessita-se de formas atuais tecnológicas para melhores práticas e melhor transição no processo do ‘saber’”. Neste trabalho isto ficou perceptível, pois, os alunos sentiram-se mais motivados a aprender o conteúdo proposto, tornando-se mais atrativo aos alunos estas metodologias aliando experimentos e tecnologias de ensino, como afirma Coelho (2002) “Essa nova tecnologia tem um poder grandioso”, com os resultados obtidos, percebemos que é fundamental atualizar a cada dia o método de ensino e utilizar a tecnologia como um benefício em nosso trabalho.

Os autores Bezerra Jr. et al (2012), citados na seção 1.4, realizaram um trabalho com o uso do Tracker em sala de aula, e como resultados perceberam que os alunos passaram a interagir de maneira mais ativa na disciplina, o que foi declarado ainda neste trabalho, onde nos questionários os alunos afirmaram que a metodologia utilizada os motivou tornando a disciplina mais atrativa. O Tracker foi utilizado obtendo as medidas precisas como citado nos trabalhos de: Sirisathitkul, Glawtanong e Eadkong (2013); Jesus e Sasaki (2014); e Pereira (2018). Que obtiveram êxito apresentando as funcionalidades e sucesso ao utilizar o *software*, que são perceptíveis também neste trabalho, visto que foram obtidos os gráficos e valores significativos, e principalmente a importância de aliar experimentos e tecnologias de ensino, que facilitaram o entendimento dos alunos a respeito da segunda lei de Newton.

Conclusão

O presente trabalho realizado, utilizando o método com experimentos, vídeos e aplicativos para análise de vídeo e de dados, aplicando os métodos de ensino de Vygotsky baseado no ensino sociointerativo e Ausubel com o uso dos conhecimentos prévios, obteve resultados positivos para o ensino e aprendizado da segunda lei de Newton nas duas turmas aplicadas. Diante dos resultados descritos no Capítulo 4, percebemos que os alunos estiveram mais motivados ao aprendizado e assimilaram o conteúdo.

Os alunos demonstraram reconhecimento do uso dos subsunçores, e a importância do trabalho em grupo, onde eles puderam compartilhar suas ideias e tirar dúvidas entre si, isso não exclui o papel do professor, mas sim, torna o aprendizado mais diversificado e estimula a interação dos alunos em sala de aula.

Podemos observar o bom rendimento da metodologia utilizada, nos resultados relacionados a resolução dos exercícios, onde a aprendizagem relacionada a segunda lei de Newton, obteve êxito com o uso de experimentos, vídeos, Tracker para coleta de dados e Excel para análise.

Este produto educacional, pode facilmente ser adaptado para outros temas da mecânica, assim como outros experimentos, como o movimento oblíquo, queda livre, entre outros temas, seguindo a mesma aplicação realizando o experimento, produzindo o vídeo do movimento, transferindo para o Tracker para realizar a coleta de dados e por fim, transferindo os dados para o Excel, para realizar a análise dos dados obtidos, para compará-los com a teoria.

Demais temas podem ser aplicados nesta perspectiva de análise de dados, unindo o uso experimental com tecnologia dos softwares, utilizando o Tracker para coleta de dados dos vídeos produzidos dos experimentos, desta maneira novos trabalhos podem ser produzidos partindo desta proposta com novas ideias.

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David P. NOVAK, Joseph D. HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**, segunda edição, Rio de Janeiro, interamericana, 1980.

BEZERRA JR., Arandi G. *et al.* **VIDEOANÁLISE COM O SOFTWARE LIVRE TRACKER NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA: MOVIMENTO PARABÓLICO E SEGUNDA LEI DE NEWTON** 29. ed. n.1. Florianópolis: Caderno Brasileira de Ensino de Física, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p469>

B. P. Abbott et al. **Observation of gravitational waves from a binary black hole merger**, V.116, Washington, DC, Physical Review Letters, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>

BRASIL. **Guia de tecnologias educacionais da educação integral e integrada e da articulação da escola com seu território**, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2013. Disponível em Acesso em: 03 Mar. 2019.

BROWN, Douglas, **Tracker Video Analysis and Modeling Tool**, Open Source Physics, Boston, 2017. Disponível em: <https://physlets.org/tracker/>

CALDAS, Gracilene G. **ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ACÚSTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA: Uma Proposta na Inclusão de Surdos**, Pará, Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Pará, 2017.

CHAIB, J. P. M. C. ASSIS, A. K. T. **Experiência de oersted em sala de aula**, V.29 n.1 São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172007000100009&script=sci_arttext

COELHO, Rafael O. **O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio**, Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, 2002.

DULTRA, Elci R. A. **A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS E SIMULAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA COM O USO DO SOFTWARE TRACKER COM AS PLATAFORMAS PHET E QUIS**, Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pampa, 2017.

FREITAS, Frederico C. OLIVEIRA, Adilson J. A. **O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores** 37. ed. n.3. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173731819>

GERHARDT, Tatiana E. SILVEIRA, Denise T. **Métodos de pesquisa**, Primeira edição, Rio Grande do Sul, Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Carlos Antônio, **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**, sexta edição, São Paulo, editora atlas S.A., 2008, p. 8, 121, 122.

HOLZ, Sheila M. BATTISTEL, Orildo L. SAUERWEIN, Inés P. **Panorama dos artigos sobre Atividades Experimentais publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física no período compreendido entre 2002 e 2017**, V. 18, nº 1. Paraná: Ensino e Pesquisa, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33871/23594381.2020.18.1.136-166>

JESUS, V. L. B. SASAKI, D.G.G. **Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento** 36. ed. N.3. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000300015>

LEAL, Teresa C. S. OLIVEIRA, Alaercio A. **Utilização de plataformas interativas e novas tecnologias no ensino de física das radiações para cursos da área de saúde**. 41. ed. n.4. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0354>

OLIVEIRA, Leandro S. **REFRAÇÃO E REFLEXÃO INTERNA TOTAL DA LUZ: UM EXPERIMENTO ENGAJADOR PARA O ENSINO MÉDIO**, São Paulo, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do ABC, 2020.

PEREIRA, Diego Veríssimo, **O Ensino De Inércia Com Desenhos Animados, Utilizando Futurama Como Ferramenta Lúdica**, Brasília, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2015, p. 1-4.

PEREIRA, Júlia E. **Um curso de Mecânica com o uso do programa de videoanálise Tracker** 35. Ed. n. 3. Florianópolis: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p980>

REGO, Teresa Cristina. **VIGOTSKY Uma Perspectiva Histórico-cultural da Educação**, vigésima quinta edição, Rio de Janeiro, Editora Vozes, 2014.

SANTOS, José C. dos DICKMAN, Adriana G. **Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio**, V. 41, nº1. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0161>

SEVERO, Pedro J. A. **UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE REFERENCIAIS NÃO INERCIAIS COM SIMULADORES COMPUTACIONAIS**, Rio Grande do Norte, Dissertação de Mestrado, Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte, 2016.

SIRISATHITKUL, C. GLAWTANONG P. EADKONG T. SIRISATHITKUL Y. **Análise digital de vídeos de objetos em queda no ar em líquidos usando Tracker**, V.35 n.1. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100020>

THORNTON, Stephen T. MARION, Jerry B. **Classical dynamics of particles and systems**, quinta edição, Boston, Cengage Learning, 2003, P. 49 e 50.

VARGAS, M. **História da matematização da natureza**, V. 10 n. 28. São Paulo: Estud. Av. 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40141996000300011>

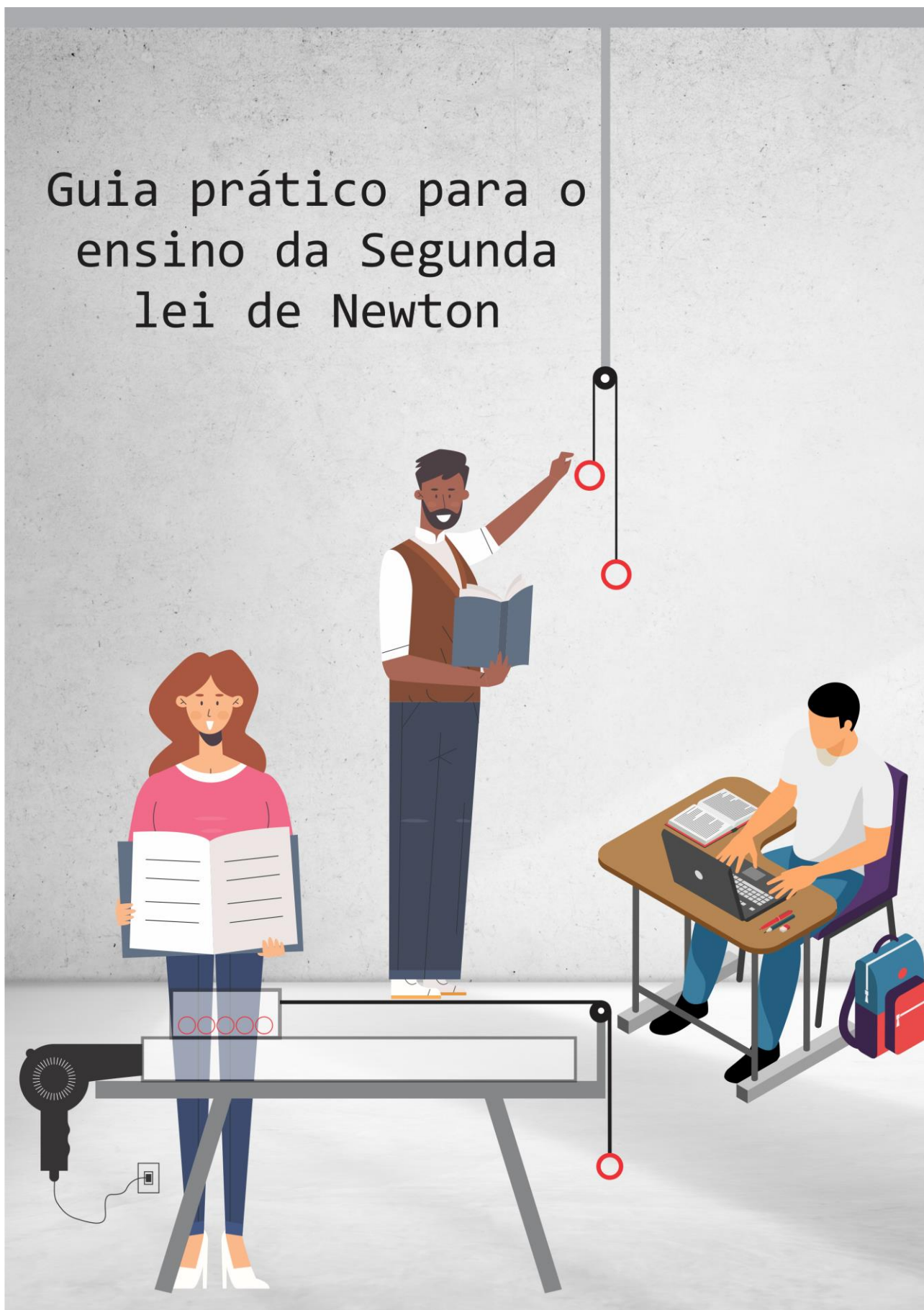
VYGOTSKI, L. S., **A Formação Social da Mente**, quarta edição, São Paulo, Livraria Martins Fontes Editora Ltda., 1991, p. 24.

WRASSE, Ana Cláudia *et al.* **Investigando o impulso em *crash tests* utilizando vídeo-análise** 36. ed. n.1. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172014000100019>

Apêndice A

Produto Educacional

Guia prático para o ensino da Segunda lei de Newton





**PRODUTO EDUCACIONAL:
GUIA PRÁTICO PARA O ENSINO DA 2ª LEI DE NEWTON**

**RAINER DOS SANTOS CARVALHO
MIGUEL JUSTINIANO ABANTO PERALTA**

2020

**RAINER DOS SANTOS CARVALHO
MIGUEL JUSTINIANO ABANTO PERALTA**

**PRODUTO EDUCACIONAL:
GUIA PRÁTICO PARA O ENSINO DA 2ª LEI DE NEWTON**

Produto Educacional da dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Acre-UFAC, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Rio Branco
2020
ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - TELA INICIAL DO TRACKER.	75
FIGURA 2 - TRACKER COM VÍDEO ADICIONADO.	76
FIGURA 3 - ADICIONANDO EIXOS DE COORDENADA.	76
FIGURA 4 - EIXOS POSICIONADOS.	77
FIGURA 5 - ADICIONANDO PONTOS DA TRAJETÓRIA.	78
FIGURA 6 - ADICIONANDO PONTOS DA TRAJETÓRIA.	78
FIGURA 7 - APLICANDO A FITA DE CALIBRAÇÃO.	79
FIGURA 8 - MEDIDA NA FITA DE CALIBRAÇÃO.	79
FIGURA 9 - DEMARCANDO OS PONTOS DA TRAJETÓRIA.	80
FIGURA 10 - PONTOS DE TRAJETÓRIA DEFINIDOS.	81
FIGURA 11 - VISUALIZAÇÃO DO GRÁFICO DE VELOCIDADE.	81
FIGURA 12 - COPIANDO DADOS DO TRACKER.	82
FIGURA 13 - INSERINDO COLUNAS DE TEMPO T(S) E POSIÇÃO X(CM)	83
FIGURA 14 - INSERINDO GRÁFICO.	83
FIGURA 15 - INSERINDO LINHA DE TENDÊNCIA.	84
FIGURA 16 - EXIBINDO AS EQUAÇÕES NO GRÁFICO	84
FIGURA 17 - ESQUEMA DO EXPERIMENTO DO TRILHO DE AR.	85
FIGURA 18 - GRÁFICO E EQUAÇÃO FORNECIDOS EXPERIMENTALMENTE, NO EXEMPLO DO TRILHO DE AR.	87
FIGURA 19 - GRÁFICO DO INVERSO DA SOMA DAS MASSAS X ACELERAÇÃO	88
FIGURA 20 - ESQUEMA DO EXPERIMENTO DA MÁQUINA DE ATWOOD.	89
FIGURA 21 - GRÁFICO E EQUAÇÃO FORNECIDOS EXPERIMENTALMENTE, NO EXEMPLO DA MÁQUINA DE ATWOOD.	90
FIGURA 22 - ARRANJO EXPERIMENTAL DO TRILHO DE AR.	92
FIGURA 23 - EXPERIMENTO COM TRILHO DE AR.	92
FIGURA 24 - ARRANJO EXPERIMENTAL DA MÁQUINA DE ATWOOD.	93
FIGURA 25 - EXPERIMENTO DA MÁQUINA DE ATWOOD.	94

Sumário

APRESENTAÇÃO.....	73
1 DESCRIÇÃO DE COMO UTILIZAR O TRACKER	74
2 DESCRIÇÃO DO USO DO EXCEL.....	82
3 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS	85
3.1 Segunda lei de Newton.....	85
3.2 Experimento utilizando trilho de ar	91
3.3 Máquina de Atwood.....	93
4 PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO	95
Referências Bibliográficas	96

APRESENTAÇÃO

Este guia prático oferece ao professor de Física o uso de experimentos aliados a algumas ferramentas tecnológicas, afim de melhorar o ensino a respeito da segunda lei de Newton, sugerindo um estudo em grupo ocasionando a sociointeração proposta por Vigotsky (Vygotski, 1991, p.24), e uso dos subsunçores como proposto por Ausubel (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.48), a partir dos conhecimentos já adquiridos para aprendizado do novo conteúdo.

O presente produto educacional, tem como objetivo, proporcionar o ensino da segunda lei de Newton utilizando experimentos em conjunto com os aplicativos Tracker e Excel. O uso de experimentos para despertar curiosidade e estimular o aprendizado, o uso vídeo e aplicativos de computador como ferramenta de auxilio, experimento e aplicativos são utilizados neste guia prático para que o ensino da Segunda Lei de Newton possa se tornar mais visível aos alunos relacionando com a teoria. A metodologia de ensino é baseada numa abordagem sociointeracionista, onde os alunos trabalham em grupo realizando a troca de ideias e pensamentos diferentes, tornando o conhecimento mais amplo, e com aprendizagem significativa, onde os alunos precisam do conhecimento previamente estabelecido.

Neste guia são abordados dois experimentos que ajudaram no ensino da segunda lei de Newton, o experimento do trilho de ar, é utilizado para demonstrar a segunda lei de Newton e o experimento da máquina de Atwood, para aplicação desta lei. O princípio destes experimentos consiste na gravação do movimento que pode ser realizado com o uso de um smartphone, este vídeo, será utilizado para coletar os dados de posição em função do tempo dos experimentos no aplicativo Tracker, que está disponível gratuitamente na internet, para finalmente utilizar o aplicativo Excel afim de analisar estes dados coletados, e assim extrair a Física dos experimentos realizados.

O Tracker é uma ferramenta disponível de forma gratuita para análise de vídeo desenvolvido na estrutura Java do projeto Open Source Physics (OSP, 2013). Ele é projetado para ser usado no ensino de física. A partir deste aplicativo serão extraídos dados para obtenção de gráficos e até mesmo equações. O propósito da utilização desta ferramenta é absorver os dados do experimento, visto sua facilidade para realizar a coleta dos dados como posição e tempo, a partir de um vídeo de qualquer experimento.

O Excel, entre suas diversas funções, permite realizar gráficos de dados tabelados, estes dados podem ser transferidos de outra fonte para o aplicativo e podem ser ajustados a uma curva que melhor os representa, encontrando assim a equação do movimento representado no gráfico. Inclusive o Excel fornece um parâmetro que mede a qualidade do ajuste realizado. Uma vez realizada essa análise com os dados experimentais é possível comparar os resultados obtidos com os teóricos.

Os autores

Prof. Rainner dos Santos Carvalho

rainnerc@outlook.com

Prof. Miguel Justiniano Abanto Peralta

mabanto.ufac@gmail.com

1 DESCRIÇÃO DE COMO UTILIZAR O TRACKER

O Tracker é uma ferramenta disponível de forma gratuita para análise de vídeo desenvolvido na estrutura Java do projeto *Open Source Physics* (OSP, 2013), que possui como membros Douglas Brown, Frank Shütte e Wolfgang Christian. Ele é projetado para ser usado no ensino de física.

O Tracker é um aplicativo que nos permite descrever a trajetória de um objeto a partir do vídeo de um experimento concreto realizado, como apresenta a figura 2. O programa exibe diferentes quantidades de *frames* por segundos dependendo da qualidade do vídeo que foi produzido, no exemplo do vídeos apresentados nesse trabalho tem-se 29 frames por segundo. A partir deste aplicativo podemos extrair dados para obtenção do gráfico de dispersão e equação do movimento no Excel, como apresentado na figura 16.

Em sua tela inicial como mostra a Figura 1, o Tracker disponibiliza as ferramentas no menu superior. Possui 3 janelas onde se encontra descrito a função na qual será composto, onde se encontra a janela “a vista principal de vídeos aparecerá aqui” especifica que neste local o vídeo será exposto e poderá recolher seus dados, os dados recolhidos do vídeo aparecerão nas duas janelas a direita, na parte superior em forma de gráfico e inferior em forma de tabela.

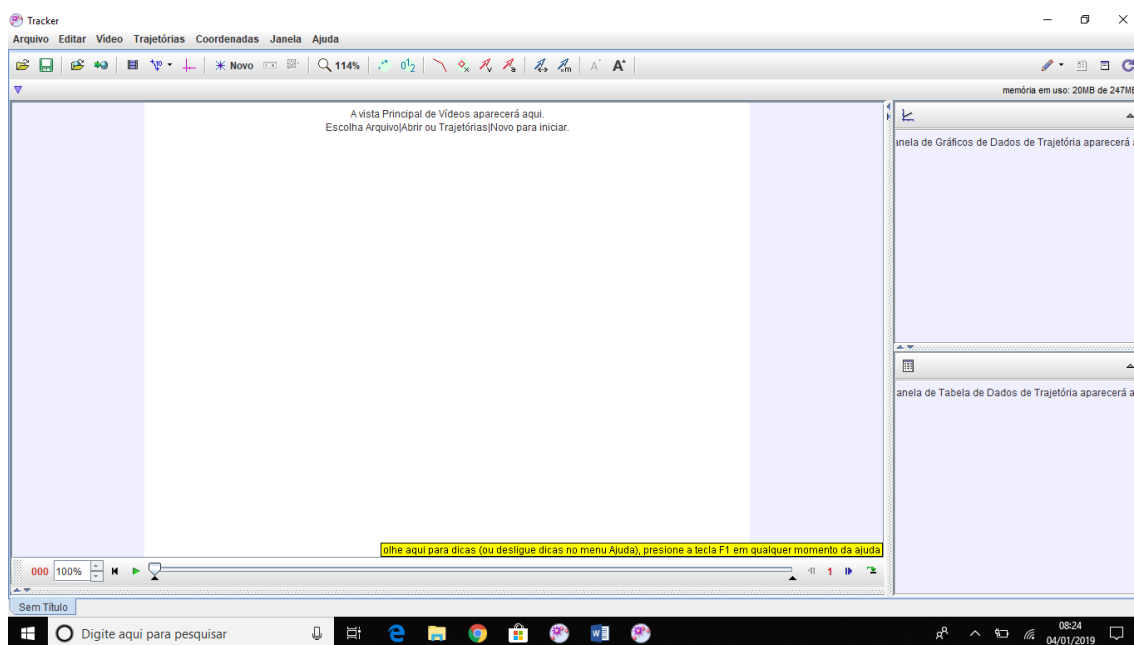


Figura 57 - Tela inicial do Tracker.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para adicionar um vídeo basta apertar em “arquivo” na barra de menu superior e “abrir”, logo após, navegar através das pastas para localizar o arquivo de vídeo. Quando aberto o vídeo no Tracker pode-se perceber uma mudança nas três janelas do Tracker como mostra a Figura 2, na janela central se encontra o vídeo exposto e no lado direito o início de um gráfico na parte superior e o início de uma tabela na parte inferior.

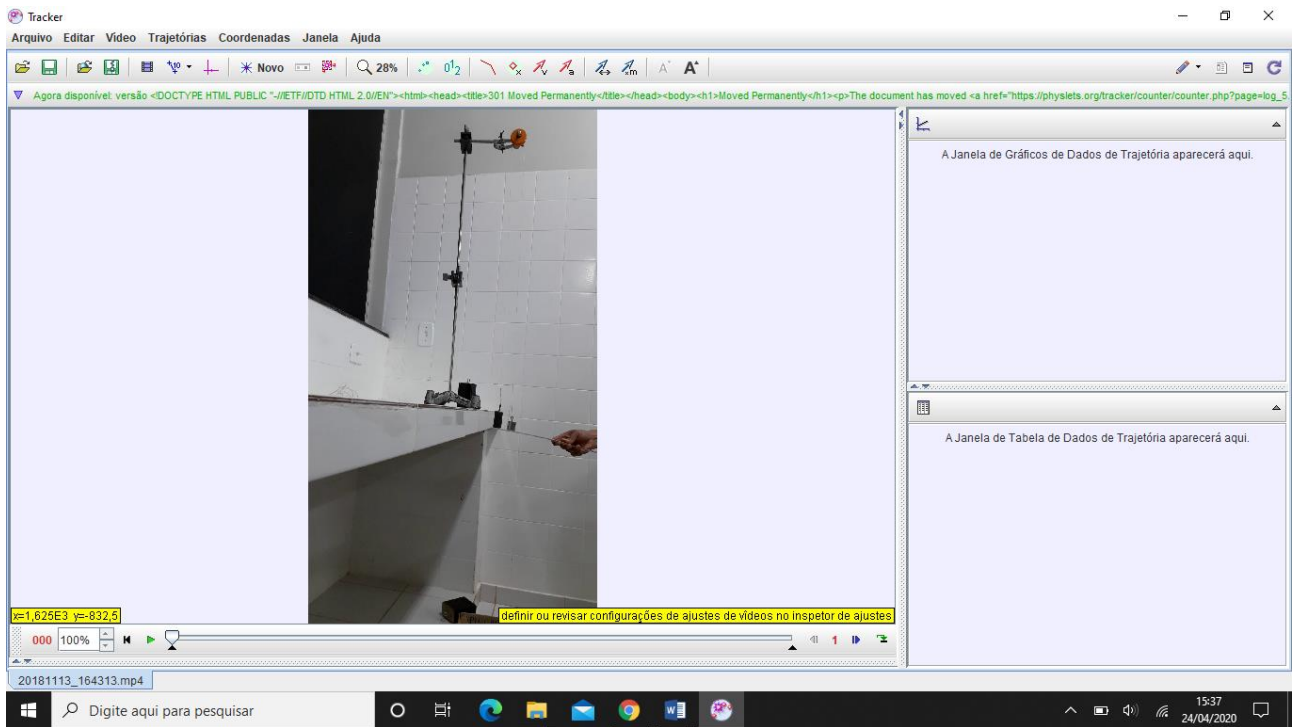


Figura 58 - Tracker com vídeo adicionado.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para adicionar os eixos de coordenadas, basta selecionar a ferramenta destacada na Figura 3.

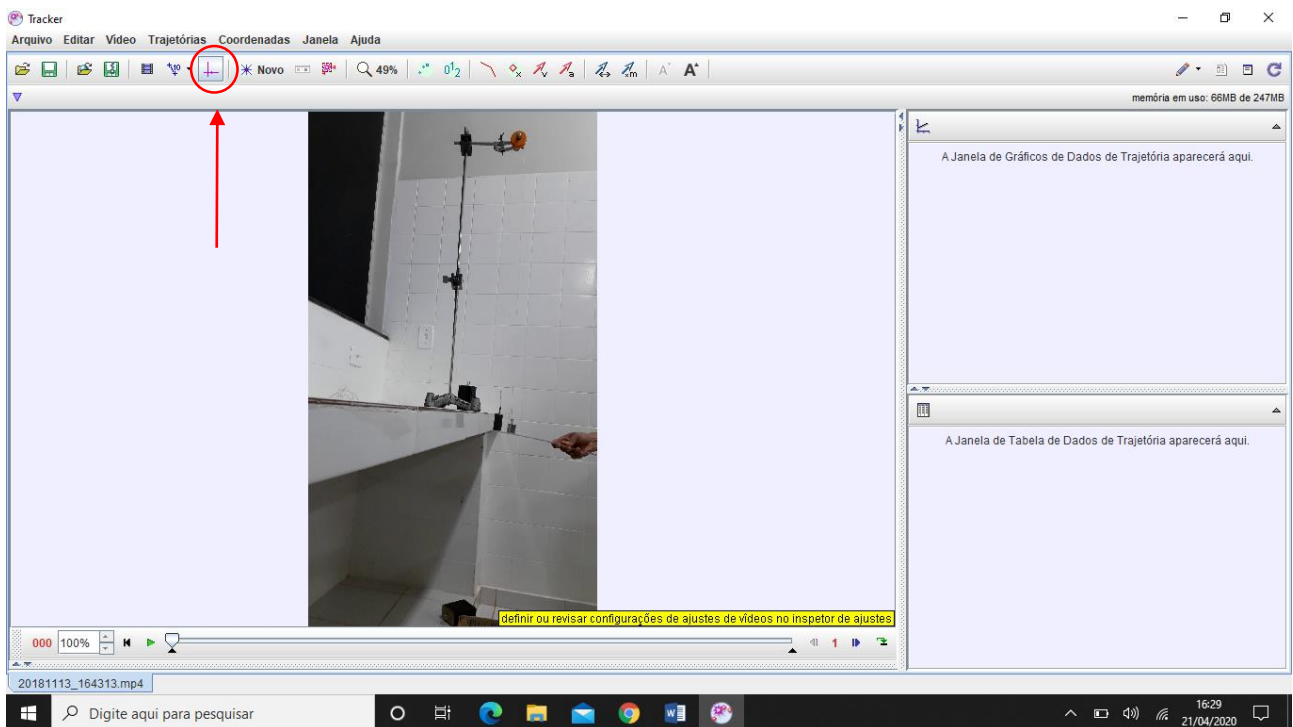


Figura 59 - Adicionando eixos de coordenada.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após adicionar os eixos de coordenadas, este pode ser posicionado em qualquer ponto do vídeo, sendo identificado o eixo positivo de “X” por uma pequena barra como indicado na Figura 9.

Estes eixos permitem o movimento de rotação e posicionamento em qualquer ponto do vídeo, desta maneira, os eixos não necessitam que seu ponto de origem esteja no centro do vídeo, podendo realizar uma pequena inclinação e posicionar de maneira mais precisa como mostra a figura 4.

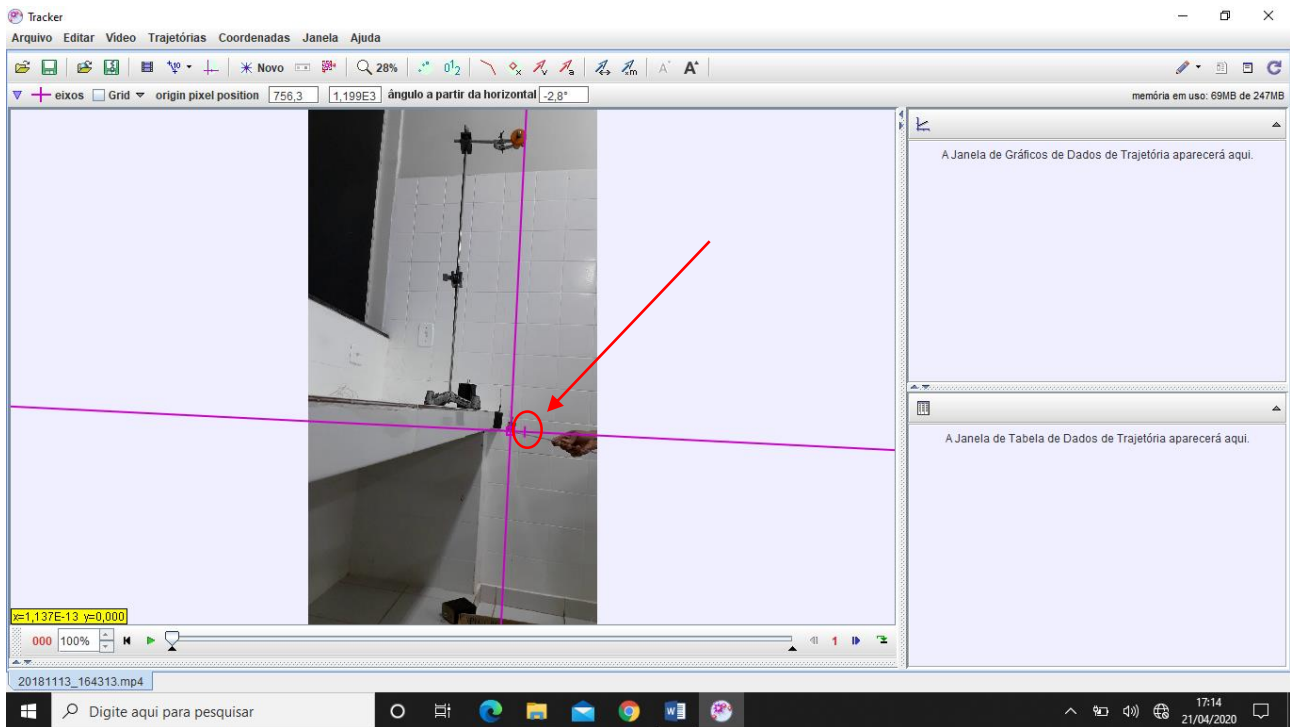


Figura 60 - Eixos posicionados.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para que possamos obter os pontos de trajetória, para obtenção de dados, para que seja formado gráfico, basta seguir os passos descritos na Figura 5, selecionar “ponto de massa” e já estará disponível uma nova janela aberta no aplicativo como indicado na Figura 6. Feito isto, basta seguir mais um passo para selecionar os pontos

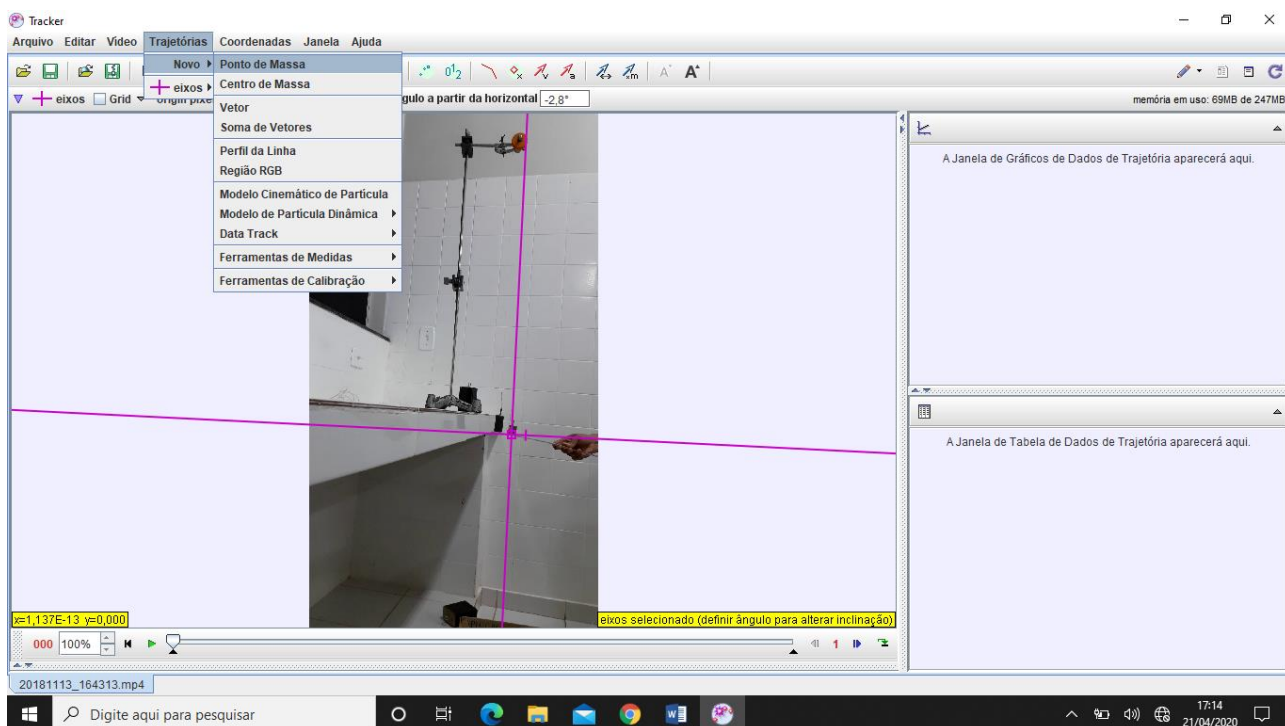


Figura 61 - Adicionando pontos da trajetória.
Fonte: Elaborado pelo autor.

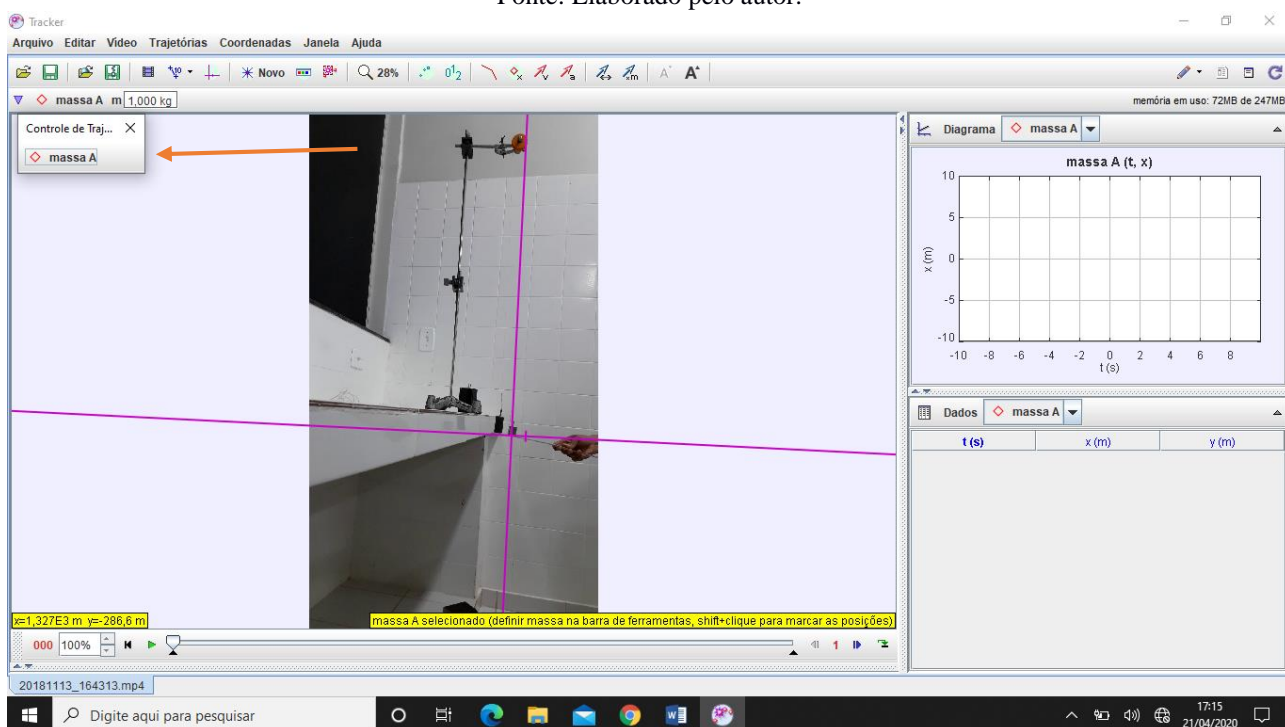


Figura 62 - Adicionando pontos da trajetória.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para obter-se os dados de posição, é necessário adicionar uma fita de calibração, ou seja, é necessário fornecer a medida do comprimento de algum objeto que apareça no vídeo, a fim de o Tracker calcular, com base na informação fornecida, os dados de posição do objeto que está sendo

estudado no experimento. Para adicionar a fita de calibração, precisa-se somente seguir os passos descritos na Figura 7, e selecionar “fita de calibração”.

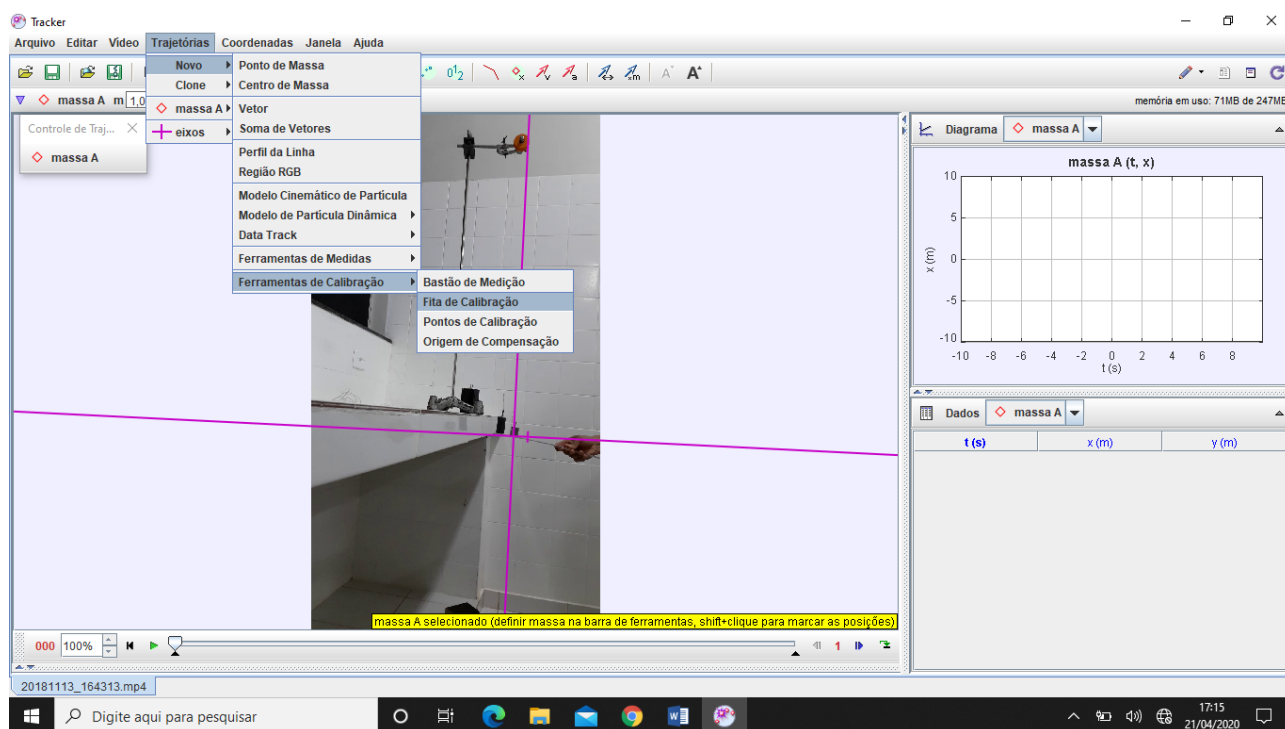


Figura 63 - Aplicando a fita de calibração.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após aplicada a fita de calibração, selecione o campo indicado na Figura 8, onde contém a medida e altere para a medida obtida externa do vídeo. Feitos estes passos todas as medidas que se obter no vídeo serão adaptadas pela medida aplicada na fita de calibração.

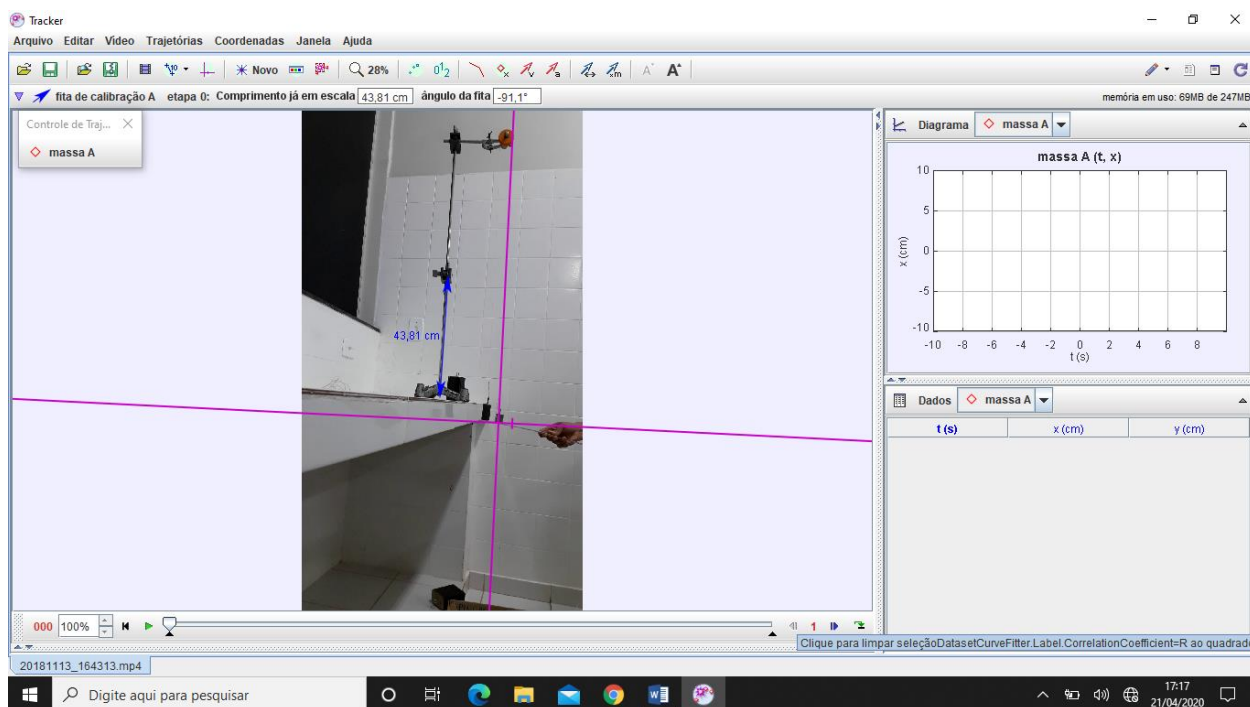


Figura 64 - Medida na fita de calibração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já adicionado a fita de calibração, para selecionar os pontos da trajetória e os correspondentes instantes de tempo, o aplicativo disponibiliza a seguinte orientação indicada na Figura 9. É possível, com o controle da trajetória escolher os pontos mencionados escolhendo os frames que desejarmos no vídeo ou permitir que o Tracker faça essa seleção de maneira automática.

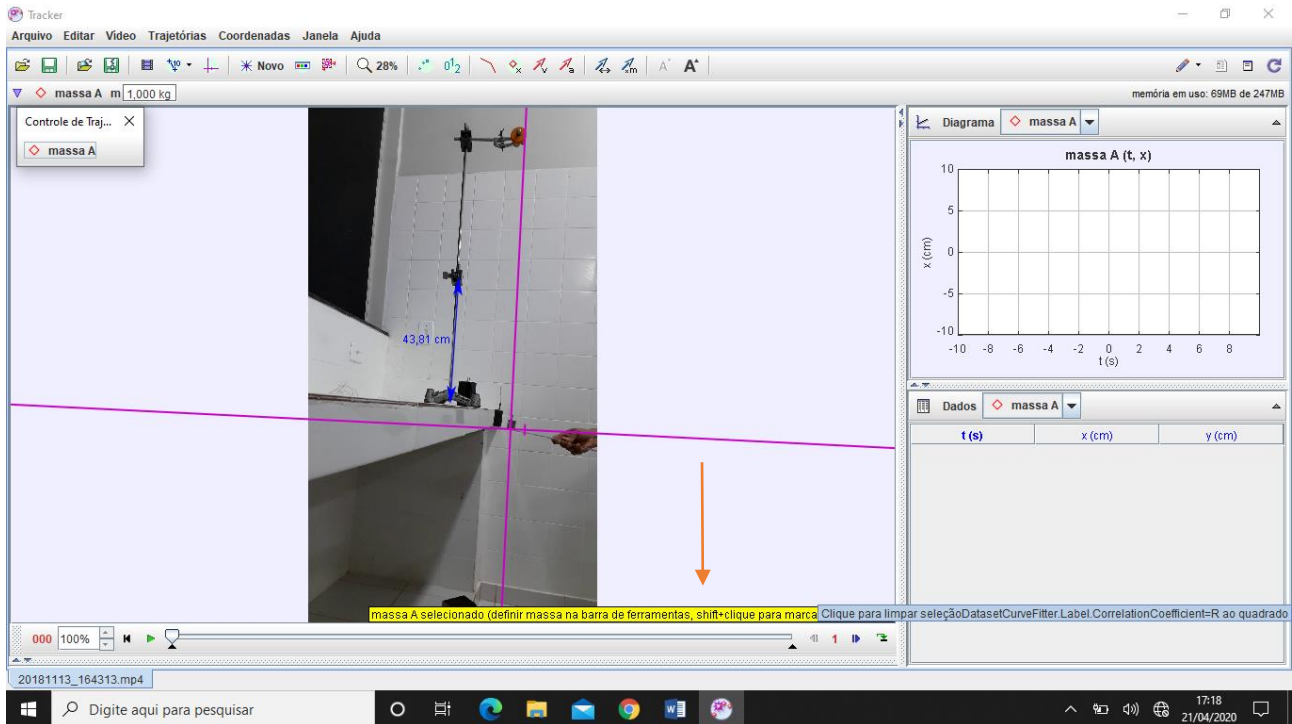


Figura 65 - Demarcando os pontos da trajetória.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após adicionar os pontos da trajetória, estará disponível o gráfico de posição na janela direita na parte superior do aplicativo, e formada juntamente uma tabela na janela abaixo, como pode ser visto na Figura 10.

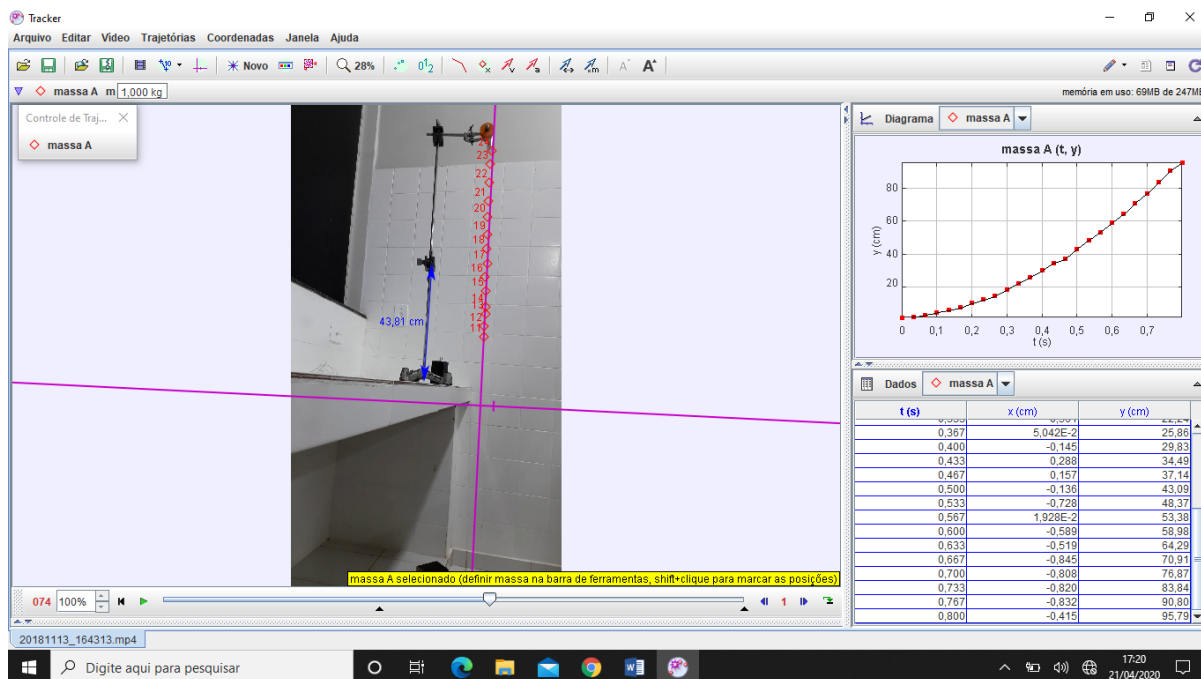


Figura 66 - Pontos de trajetória definidos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Tracker disponibiliza ainda uma função de apresentar o gráfico de velocidade, para isto, selecione a parte em destaque da Figura 11, e escolha a opção de “componente x da velocidade” e estará disponível o gráfico de velocidade em função do tempo.

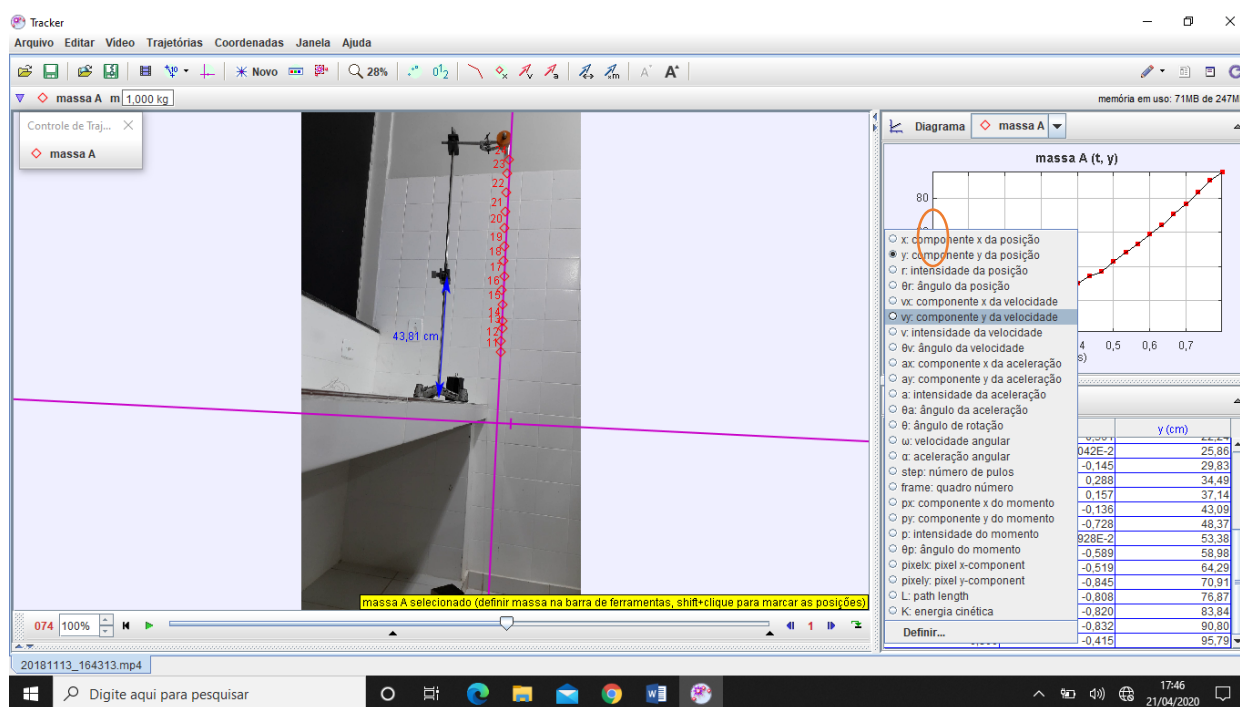


Figura 67 - Visualização do gráfico de velocidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após feito esses processos com o tracker, é possível fazer uma análise dos gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Para obter-se a equação dos dados do gráfico, transporta-se os dados para o Excel, conforme está exposto a seguir.

2 DESCRIÇÃO DO USO DO EXCEL

O Excel foi utilizado como ferramenta de análise de dados, afim de obter a equação do movimento, referente aos experimentos realizados. O Excel permite determinar a curva que melhor se ajusta aos dados do experimento e também a função matemática dessa curva, esta curva no programa é chamada de linha de tendência, que permite um bom ajuste, e assim apresentar a função que descreve o movimento.

Para copiar os dados colhidos no Tracker, selecione as colunas de tempo $t(s)$ e posição $x(cm)$ indicados na figura 12, clicar com botão direito e selecionar copiar.

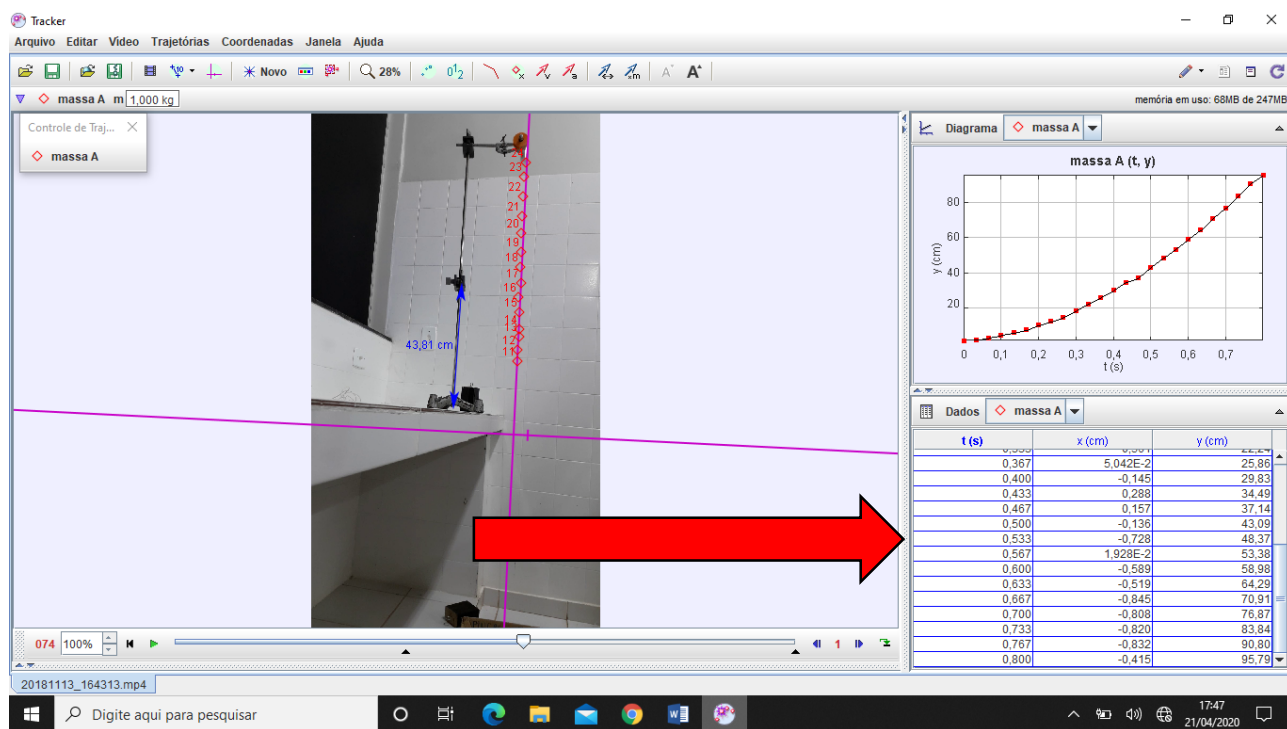


Figura 68 - Copiando dados do Tracker

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Excel, identifique duas colunas, uma para tempo $t(s)$ e outra para posição $x(cm)$, como mostra a figura 13, e cole os dados que foram copiados anteriormente.

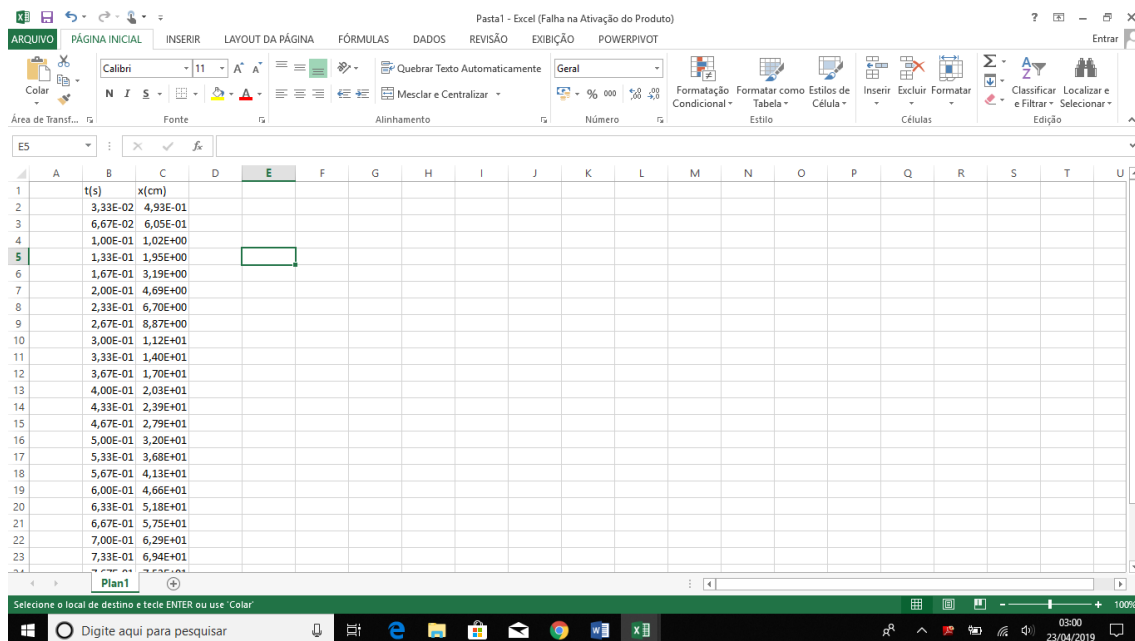


Figura 69 - Inserindo colunas de tempo t(s) e posição x(cm)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após colar os dados, selecione-os na ferramenta inserir e adicione o gráfico de dispersão, como está exposto na figura 14, para a seguir inserir a linha de tendência e obter a equação do gráfico que represente os dados.

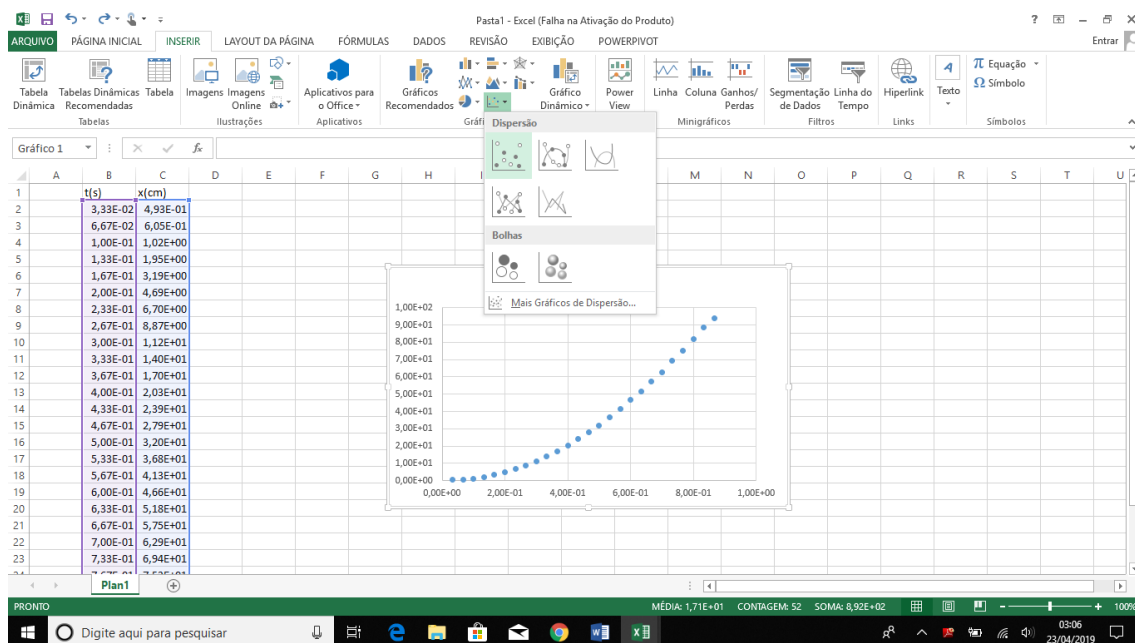


Figura 70 - Inserindo gráfico

Fonte: Elaborado pelo autor.

Insira linhas de tendência polinomial de grau 2, para obter a equação mais aproximada do gráfico em destaque. Para isso siga os passos expostos na figura 15, selecionando o gráfico, abrindo a caixa com o símbolo de adição, selecionando linhas de tendência e mais opções.

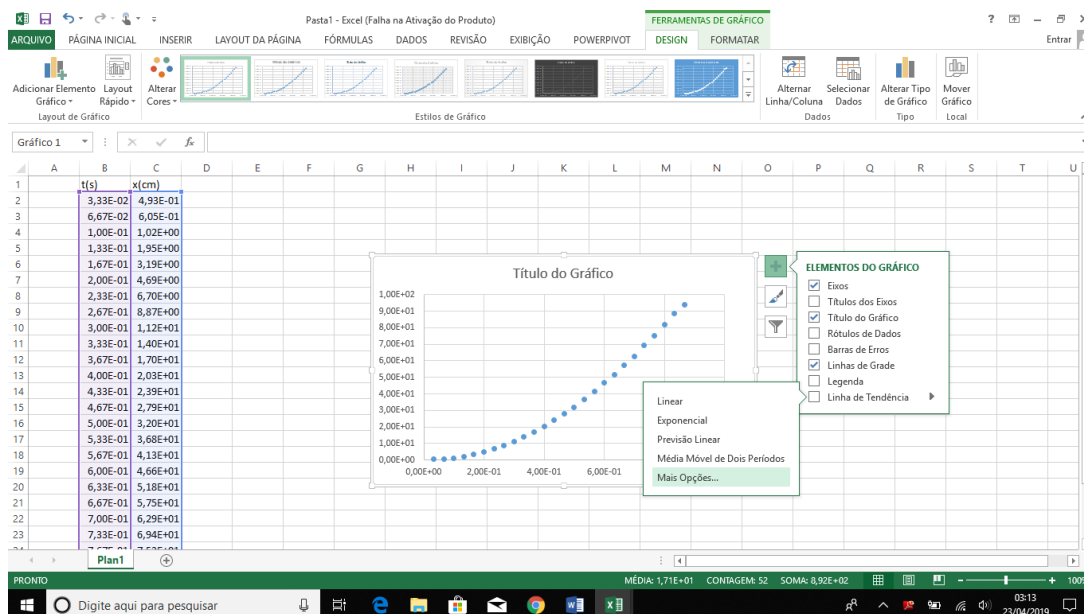


Figura 71 - Inserindo linha de tendência
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após realizar o passo anterior, será exibido uma coluna ao lado direito conforme apresenta a figura 16, nesta coluna, selecione a linha de tendência polinomial de ordem 2, pois na máquina de Atwood as forças que atuam são os pesos, a aceleração é constante e a curva ou função que descreve o movimento é quadrática, mais abaixo selecione a caixa exibir equação no gráfico e exibir valor de R^2 no gráfico, que medirá a qualidade do ajuste escolhido em um valor de 0 até 1.

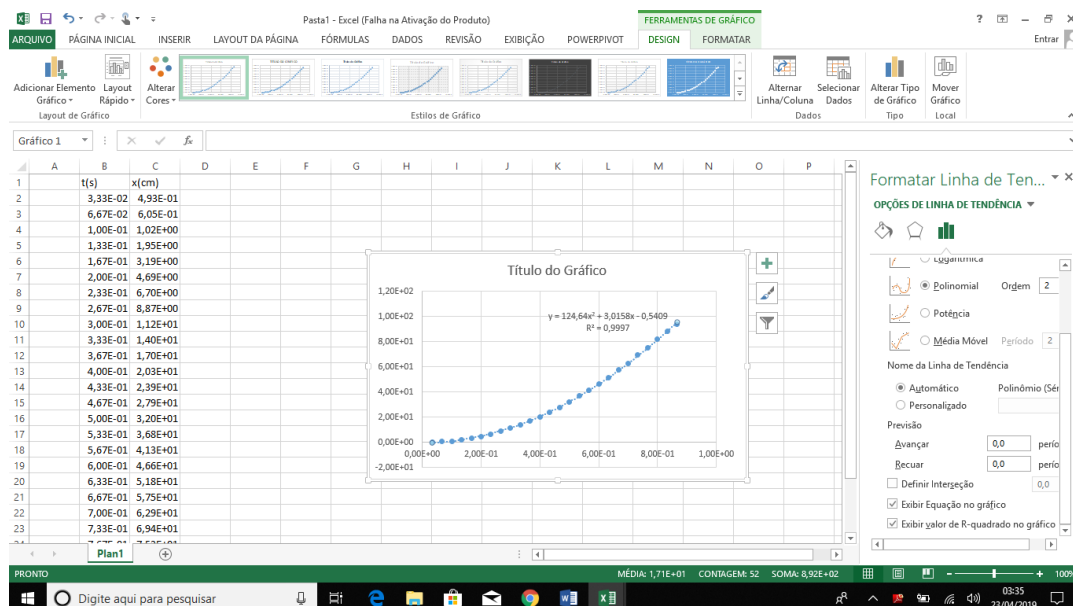


Figura 72 - Exibindo as equações no gráfico
Fonte: Elaborado pelo autor.

No capítulo 3, estão descritos os experimentos, os cálculos e os resultados dos testes realizados para aplicação em sala de aula.

3 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A seguir, está descrito como será trabalhada a segunda lei de Newton, e os experimentos que serão utilizados neste guia prático para ensino desta lei, os materiais a serem utilizados e suas montagens, para realização experimental em sala de aula, para que seja filmado.

3.1 Segunda lei de Newton

Utiliza-se a equação 1, que descreve a segunda lei de Newton, para descrever teoricamente os experimentos utilizados:

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$$

Equação 9 - Equação da segunda lei de Newton.

Sendo $\vec{F}_{res} = \sum \vec{F}$, ou seja, a força resultante é o somatório de todas as forças que atuam no sistema.

Através da equação 1, temos uma sugestão para outra resultante, podemos definir que:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$$

Equação 10 - Aceleração diretamente proporcional à força.

Sendo \vec{a} a aceleração \vec{F} a força resultante e “m” a massa.

As equações a serem utilizadas fazem uso de uma igualdade envolvendo o somatório das forças resultantes atuando sobre o corpo. Para cada experimento a ser estudado, é utilizado um cálculo diferente. Para o experimento do trilho de ar, utiliza-se a equação 3.

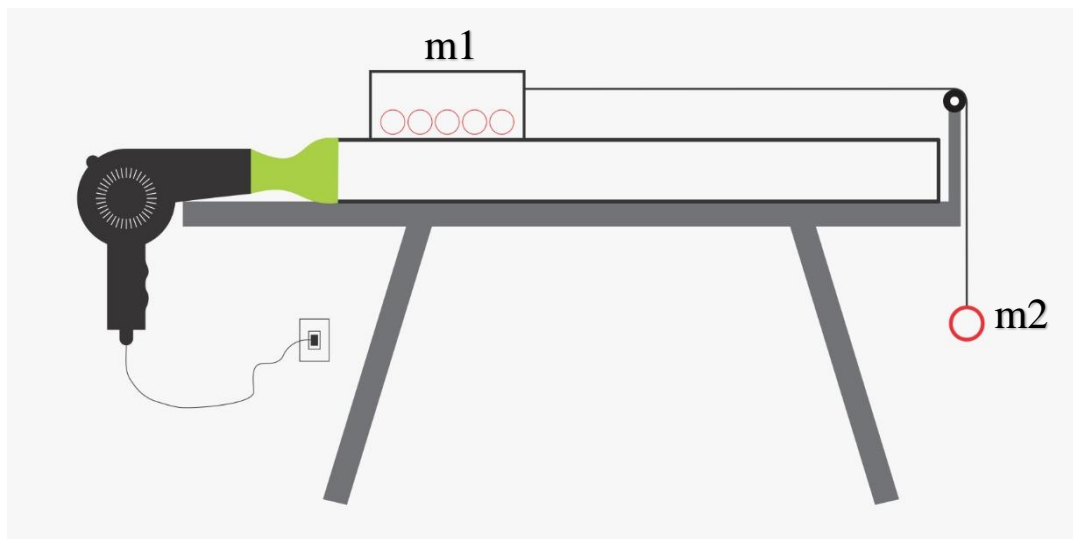


Figura 73 - Esquema do experimento do trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a massa 1, temos:

$$T = m1 \cdot a$$

Onde:

T – Tração

m1 – massa 1

m2 – massa 2

g – aceleração da gravidade

a – aceleração do sistema

Para massa 2, temos:

$$m2 \cdot g - T = m2 \cdot a$$

Isolando T

$$T = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

Como a tração no fio é a mesma, temos a tração na massa 1 igual a tração na massa 2

$$m1 \cdot a = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

$$(m1 + m2) \cdot a = m2 \cdot g$$

Isolando a aceleração, obtém-se

$$a = \frac{m2 \cdot g}{(m1 + m2)}$$

Equação 11 - Aceleração para o experimento do trilho de ar.

Exemplo 1: Foram utilizados dois corpos $m1 = 69\text{g}$ e $m2 = 10\text{g}$, montado como no esquema representado na figura 17. Sabendo-se que $g = 9,8\text{m/s}^2$. Foi aplicado o resultado teórico para esses valores de massas dos experimentos, para depois comparar com os resultados experimentais. Foram desprezados os atritos, a massa do fio e a massa da polia.

Utilizando a equação 3, temos o valor teórico:

$$a = \frac{m2 \cdot g}{(m1 + m2)}$$

$$a = \frac{10 \cdot 9,8}{(69 + 10)}$$

$$a = 1,2405 \text{ m/s}^2$$

Os dados foram recolhidos de acordo com o método descrito no capítulo 4, sobre o Tracker e o Excel, e resultaram no gráfico e equação descritos na figura 18.

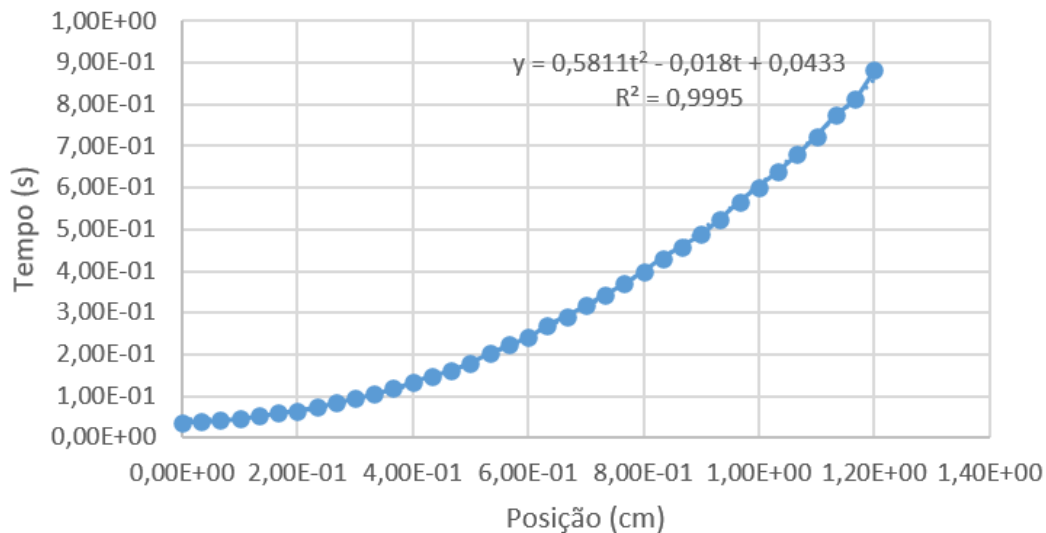


Figura 74 - Gráfico e equação fornecidos experimentalmente, no exemplo do trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde a aceleração vale, pode ser observada a equação do movimento uniformemente variado:

$$y = \frac{a \cdot t^2}{2} + vt + y_0$$

Logo:

$$\frac{a}{2} = 0,5811$$

$$a = 2 \cdot 0,5811$$

$$a = 1,1622 \text{ m/s}^2$$

A discrepância percentual entre o resultado teórico e o experimental, foi de:

$$D = \left(\frac{1,2418 - 1,1622}{1,2418} \right) 100\%$$

$$D = 0,0641$$

$$D = 6,41\%$$

De acordo com o cálculo, a discrepância percentual resultou em 6,41%, margem considerável, visto que foram desprezadas: as massas do fio de seda e da polia, que apesar de possuírem um valores baixos, não são desprezíveis; o momento de inercia da polia, o atrito existente na polia e o atrito entre a massa e o trilho de ar. Para realização desse experimento, podem ser utilizados outros valores para as massas, porém, é importante que realize o experimento antes de aplicar em sala, para verificar quais massas terão melhores resultados.

O gráfico da figura 19, foi utilizado para verificar que a aceleração varia de maneira inversamente proporcional a massa. O experimento do trilho de ar caseiro, representa através do gráfico da figura 19, a relação entre a soma das massas do sistema e a aceleração do movimento, para 5 diferentes valores para a massa a ser deslizada sobre o trilho, onde demonstra que a aceleração está inversamente proporcional a massa.

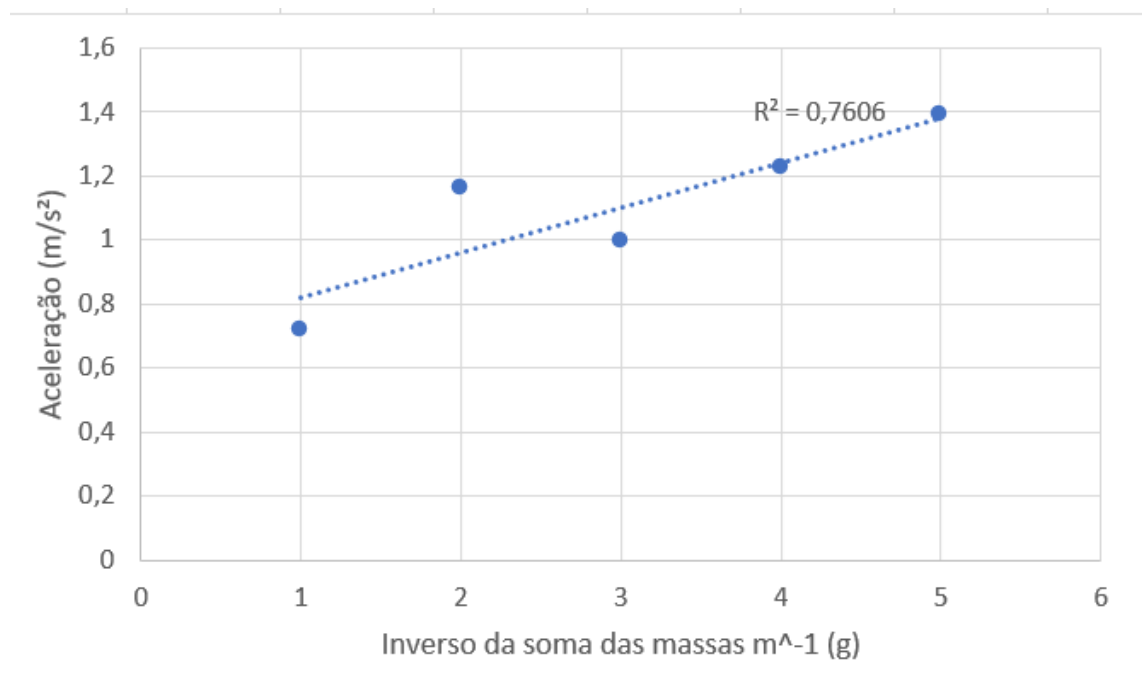


Figura 75 - Gráfico do inverso da soma das massas x aceleração
Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico apresentado na figura 19, foi realizado um ajuste linear, vale ressaltar que o experimento apresenta um pouco de atrito e instabilidade no movimento da caixa sobre o trilho, foi utilizado fio de seda para direcionar e estabilizar o movimento da caixa, ressalta-se ainda que apesar de possuir valor baixo a massa da roldana não é desprezível, porém, foi desprezado seu momento de inercia, e isso contribuiu para os valores apresentados no gráfico e consequentemente para o valor de $R^2 = 0,7606$ considerando que quanto mais próximo de 1 estiver este valor, melhor se encaixa o ajuste aplicado. Utilizando o mesmo experimento, também pode ser realizado o estudo da aceleração em função da força aplicada m_2g , quando alterados os valores da massa 2.

Para o experimento da máquina de Atwood:

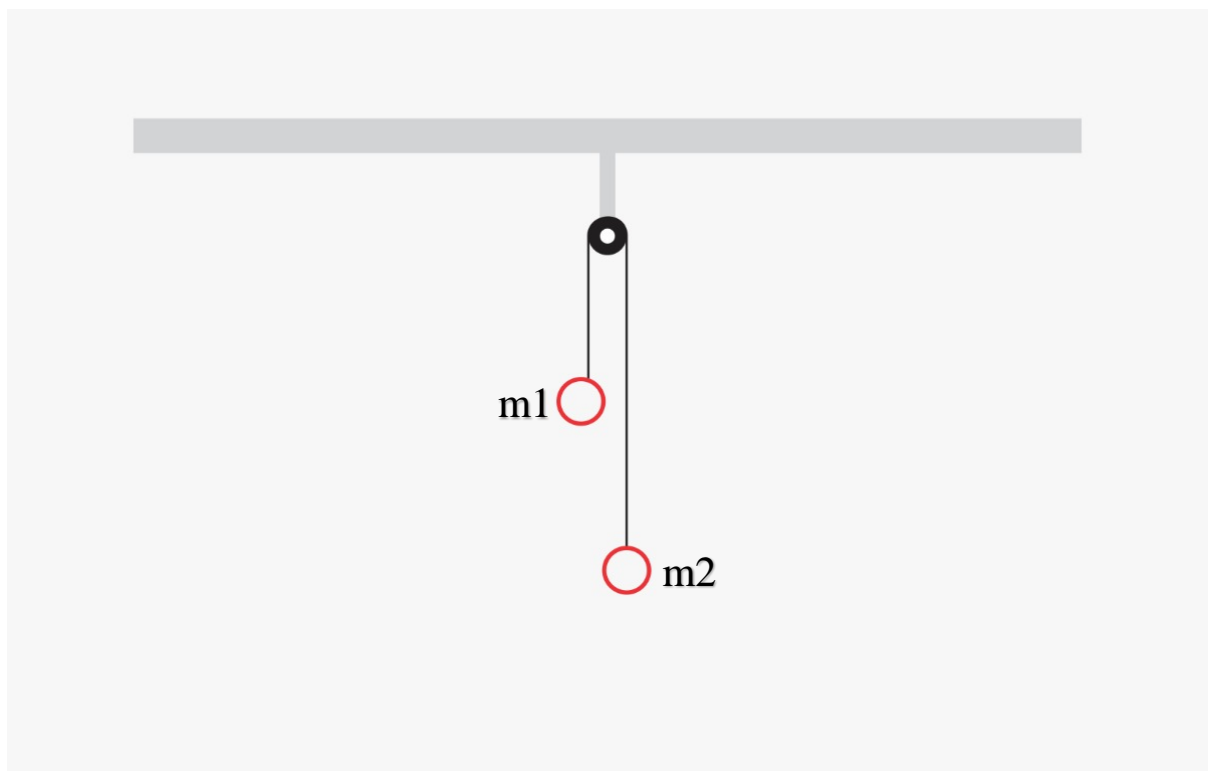


Figura 76 - Esquema do experimento da máquina de Atwood.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o bloco 1, temos:

$$T - m1 \cdot g = m1 \cdot a$$

Onde:

T – Tração

m1 – massa 1

m2 – massa 2

g – aceleração da gravidade

a – aceleração do sistema

Isolando T

$$T = m1 \cdot a + m1 \cdot g$$

Para o bloco 2, temos:

$$m2 \cdot g - T = m2 \cdot a$$

Isolando T

$$T = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

Como a tração no fio é a mesma, temos a tração no bloco 1 igual a tração do bloco 2

$$m1 \cdot a + m1 \cdot g = m2 \cdot g - m2 \cdot a$$

$$(m_1 + m_2) \cdot a = (m_2 - m_1) \cdot g$$

Isolando a aceleração

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

Equação 12 - Aceleração para experimento da máquina de Atwood.

Exemplo 2: Um sistema da máquina de Atwood foi montado utilizando um fio de seda e uma polia. Sabendo-se que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e as massas de m_1 e m_2 são respectivamente iguais a 5 g e 50 g. Foi abandonado o sistema do repouso, e determinou-se sua aceleração através de modo teórico e experimental, afim de comprovar a segunda lei de Newton através desta aplicação. Foram desprezadas a massa do fio e a massa da polia.

Utilizando a equação 4, temos a aceleração teórica:

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

$$a = \frac{(50 - 5) \cdot 9,8}{(5 + 50)}$$

$$a = 8,0182 \text{ m/s}^2$$

Os dados foram recolhidos de acordo com o método descrito no capítulo 4, sobre o Tracker e o Excel, e resultaram no gráfico e equação descritos na figura 21.

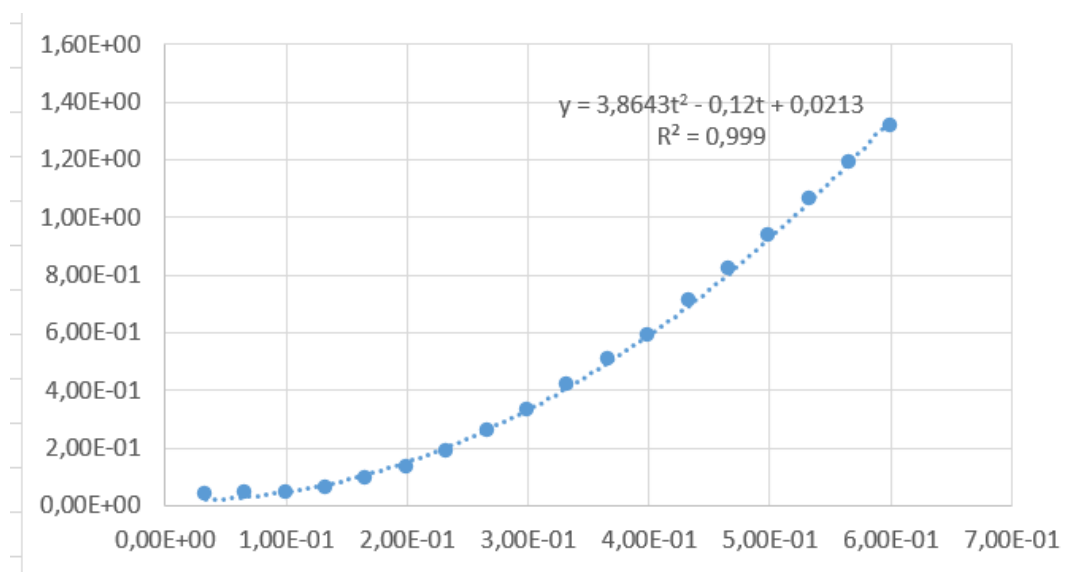


Figura 77 - Gráfico e equação fornecidos experimentalmente, no exemplo da máquina de Atwood.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde a aceleração vale:

$$\frac{a}{2} = 3,8643$$

$$a = 2 \cdot 3,8643$$

$$a = 7,7286 \text{ m/s}^2$$

A discrepância percentual entre o resultado teórico e o experimental, foi de:

$$D = \left(\frac{8,02 - 7,7286}{8,02} \right) 100\%$$
$$D = 3,63\%$$

De acordo com o cálculo realizado, a discrepância percentual resultou em 3,63%, margem considerável, visto que foram desprezadas: as massas do fio de seda e da polia, que apesar de possuírem valores baixos, não são desprezíveis; o atrito da polia e seu momento de inércia. Para realização desse experimento, podem ser utilizados outros valores para as massas, porém, é importante que realize o experimento antes de aplicar em sala, para verificar quais massas terão melhores resultados.

Para determinar esta lei experimentalmente, foi adotado uma série de experimentos anteriormente da aplicação em sala, para realizar os ajustes necessários no experimento, a cada vez que era executado, era produzido o vídeo, coletados os dados no Tracker e analisados no Excel. A equação fornecida pelo Excel é do tipo $y = \frac{a \cdot t^2}{2} + vt + y_0$, assim, o valor da aceleração fornecido na equação do experimento é comparado com o valor encontrado com o cálculo teórico, adotando-se uma média de erro de até 6,41%, levando-se em consideração as condições em que estava sendo realizado.

3.2 Experimento utilizando trilho de ar

O arranjo experimental desta atividade está descrito na figura 22. Constitui-se de um trilho de ar feito de acrílico em uma gráfica, para fornecer o ar para dentro do trilho é utilizado um balão recortado ao meio ligando um secador de cabelo com a entrada do trilho de ar, sobre o trilho está uma caixa onde pode-se colocar alguns pesos, esta caixa está ligada a um peso bem menor por meio de um fio de seda que passa por uma roldana.

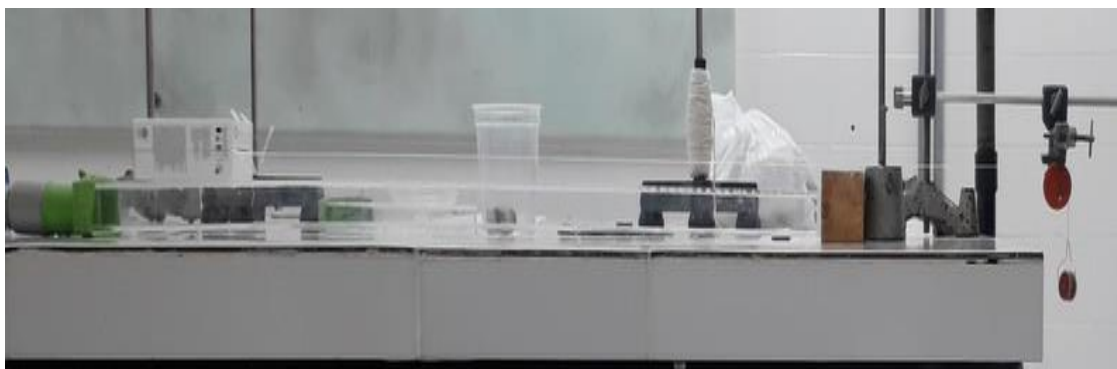


Figura 78 - Arranjo experimental do trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

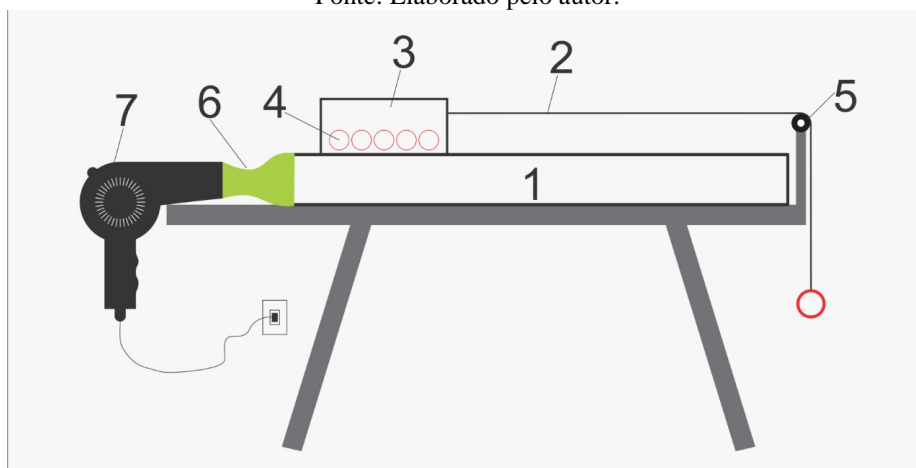


Figura 79 - Experimento com trilho de ar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta atividade, visa a comprovação da segunda lei de Newton. Para isso, os materiais utilizados, estão numerados na figura 23, e seguindo sua numeração, tem-se em:

- Trilho de ar; (R\$150,00)
- Balão; (R\$3,00)
- Roldana; (R\$5,00);
- Fio de seda; (R\$7,00);
- Caixa; (Reutilizada);
- Pesos; (própria escolha sendo devidamente medidas as massas);
- Secador de cabelo; (R\$50,00).

Para sua montagem, fixe a roldana em uma base onde ela possa continuar girando, realizando sua rotação. Posicione o trilho de ar de modo que uma extremidade esteja na mesma direção que a roldana como mostra a figura 23. Une-se o secador de cabelo com o trilho de ar por meio de um balão recortado ao meio. Posicione a caixa encima do trilho de ar, amarre-a com o fio de ceda e adicione

quantos pesos forem precisos dentro da caixa, levando em consideração o peso que estará na outra extremidade do fio de ceda que passa pela roldana.

Feito isso, posicione o seu celular sobre uma base para filmar o experimento, é importante que esteja bem visível a caixa sobre o trilho e o peso que está livre, execute o experimento adicionando os pesos, ligue o secador de cabelo e depois solte a caixa. Logo após envie o vídeo para seu computador e insira no Tracker para realizar o procedimento do capítulo 1 para que sejam copiados os dados recolhidos e analisados no Excel como descrito no capítulo 2. Repita o procedimento com diferentes massas e realizando anotações dos pesos utilizados e veja qual destes foi mais preciso em relação a teoria.

3.3 Máquina de Atwood

O arranjo deste experimento, está descrito na figura 24. Constitui-se em um esquema simples, mas muito útil para aplicação da segunda lei de Newton.



Figura 80 - Arranjo experimental da máquina de Atwood.
Fonte: Elaborado pelo autor.

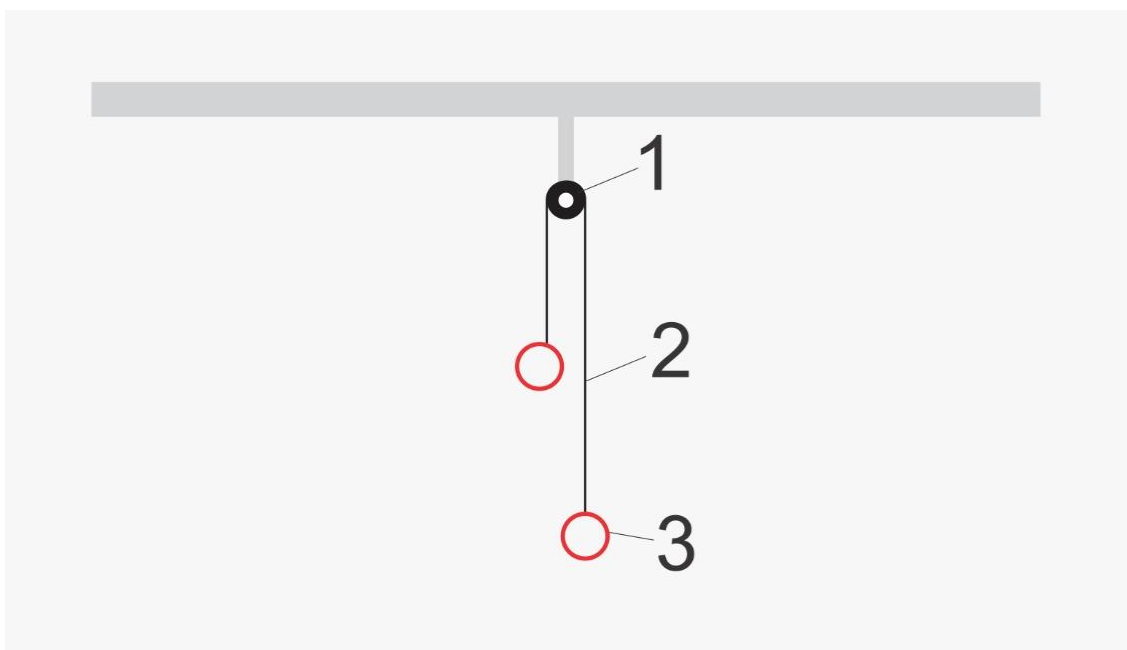


Figura 81 - Experimento da máquina de Atwood.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta atividade, é a aplicação experimental da segunda lei de Newton. Para que seja aplicado, os materiais estão numerados na figura 25, e seguindo esta numeração, temos:

- Roldana; (R\$5,00);
- Fio de seda; (R\$7,00);
- Pesos. (própria escolha sendo devidamente medidas as massas).

Para sua montagem, deixe fixa a roldana em um suporte superior onde ela permaneça livre para realizar sua rotação, posicione o fio de seda através da polia e prenda em cada extremidade o peso desejado para o experimento. Por fim, posicione seu celular em um suporte onde possa ficar bem visível os pesos que foram adicionados, para executar a atividade experimental, é necessário que os pesos estejam sobre uma base, por exemplo, uma régua, para que seja retirada facilmente para iniciar o processo. Feito isso, transfira o vídeo para o computador para que sejam seguidos os passos do capítulo 1 no Tracker, para recolher os dados e copiar para o Excel como descrito no capítulo 2, para que sejam analisados os dados. Repita o processo com diferentes massas para chegar em um valor próximo da teoria.

4 PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO

O procedimento para aplicação, segue a sequência de atividades descrito na tabela 1.

Etapa	Descrição da atividade	Tempo
1	Ensino da segunda lei de Newton com o uso dos experimentos.	50 min
2	Inserção do vídeo e análise de dados.	50 min
3	Aplicação da segunda lei de Newton.	50 min
4	Inserção do vídeo de aplicação e análise dos dados.	50 min

Tabela 2 - Sequência didática.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a etapa 1, inicia-se a aula com o método tradicional, utilizando apenas quadro e pincel, logo depois, o ensino ocorre com o uso do experimento utilizando o trilho de ar, caso o tempo em sala para aplicação seja curto, é bom que esteja já posicionado para uso, visto que sua montagem não seja rápida. O experimento é executado e filmado, para que seja inserido na etapa 2. Os experimentos tem como propósito a demonstração da segunda lei de Newton e sua aplicação. Pode ainda, ser realizado um estudo relacionado a aceleração em função da força aplicada e pode ser também realizado o estudo da aceleração em função do inverso da massa, deste modo, o professor pode explicar experimentalmente a validade da segunda lei de Newton.

Na etapa 2, o vídeo produzido na primeira etapa de ensino é aplicado ao Tracker para obtenção dos dados experimentais, em seguida os dados são transferidos para Excel, afim de que o aluno possa realizar o estudo gráfico e de equação do movimento executado.

Durante a etapa 3, os alunos irão realizar o experimento da máquina de Atwood, e este por possuir uma montagem mais fácil, os próprios estudantes podem montar e realizar o experimento, filmá-lo para inserção na etapa 4.

Na quarta etapa, os alunos irão inserir no Tracker, o vídeo produzido do experimento da máquina de Atwood, e fazer sua análise no Excel, para que possa ser realizado o estudo do movimento executado.

Vale ressaltar, que em todo o processo, os alunos estão divididos em grupos de 3 ou 4 alunos, para que possa ocorrer a troca de ideias entre os estudantes por meio da sóciointeração. Para o estudo do assunto em destaque, a segunda lei de Newton, faz-se uso de conhecimentos de cinemática adquiridos previamente.

Outros assuntos da mecânica podem ser trabalhados com essa proposta de ensino, como queda livre, movimento oblíquo, entre outros. O professor depois de explicar a atividade aos alunos, deve somente estar corrigindo e tirando as dúvidas dos alunos, para que eles possam discutir suas ideias em grupo, para que possam interagir com pensamentos diferentes, tornando seu conhecimento mais amplo.

Ao utilizar este método de ensino, o professor pode realizar atividades utilizando a função do movimento uniformemente variado, e exercícios relacionados a máquina de Atwood e deslocamento sobre um plano. No decorrer da aula, ao realizar cada experimento, é importante que os alunos possam discutir o conteúdo entre eles e com o professor.

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David P. NOVAK, Joseph D. HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**, segunda edição, Rio de Janeiro, interamericana, 1980.

BROWN, Douglas, **Tracker Video Analysis and Modeling Tool**, Open Source Physics, Boston, 2017. Disponível em: <https://physlets.org/tracker/>

VYGOTSKI, L. S., **A Formação Social da Mente**, quarta edição, São Paulo, Livraria Martins Fontes Editora Ltda., 1991, p. 24.

Apêndice B

Questionários

Questionário Diagnóstico 1

1 – Você possui conhecimentos relacionados aos conteúdos de:

- ☐ Espaço
- ☐ Velocidade
- ☐ Aceleração
- ☐ Nenhuma das opções

2 – Se sua resposta foi positiva para alguma das três primeiras opções, você se sente familiarizado com os conteúdos marcados?

- ☐ sim
- ☐ Não
- ☐ Razoável

3 – Considere a seguinte situação: um atleta inicia uma corrida de 100 m rasos e consegue atingir uma velocidade de 10,8 m/s no meio do seu trajeto e mantém essa velocidade até este finalizar a corrida. Pode-se afirmar que:

- a) O atleta estava acelerado até atingir a velocidade de 10,8 m/s.
- b) A partir do momento em que o atleta atinge a velocidade de 10,8 m/s ele precisa continuar acelerando para manter esta velocidade.
- c) A aceleração do atleta será nula a partir do momento em que este atinge a velocidade de 10,8 m/s

4 - A função horária de um automóvel que se desloca numa trajetória retilínea é $S = 20 + 4t + 5t^2$, onde S é medido em metros e t em segundos. Determine:

- a) A posição do móvel em 5 segundos.
- b) Sua aceleração.

Questionário Diagnóstico 2

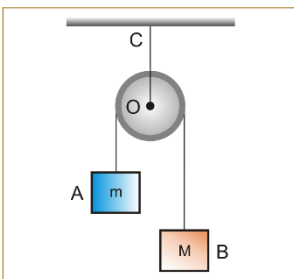
1 – Você reconhece a utilização do conhecimento prévio obtido no conteúdo de cinemática? Onde?

2 – Como estes conhecimentos prévios facilitaram sua aprendizagem?

3 – Como o estudo realizado em grupo o auxiliou na sua aprendizagem?

4 – Você se sentiu mais atraído pela disciplina com as atividades realizadas? Por que?

5 – O sistema abaixo foi abandonado em repouso. O fio e a polia são ideais, $g = 10\text{m/s}^2$ e as massas de A e B são respectivamente iguais a 3 Kg e 5 Kg. Determine a aceleração do bloco A.



6 – A figura representa dois corpos A e B, ligados por um fio ideal que passa por uma polia ideal. Despreze os atritos, a massa do fio e a massa da polia. Sabe-se que as massas de A e B são respectivamente iguais a 16 Kg e 4 Kg. Sabe-se ainda que $g = 10\text{m/s}^2$. Abandonando-se o sistema do repouso, determine a aceleração do corpo A.

