

# ESTUDO DE SISTEMAS COM BLOCOS: UMA INVESTIGAÇÃO EM LABORATÓRIO DE FÍSICA ATRAVÉS DAS LEIS DE NEWTON

## SYSTEMS STUDY WITH BLOCKS: A PHYSICS LABORATORY INVESTIGATION THROUGH NEWTON'S LAWS

JAIR JORGE MARTINS<sup>1</sup>, HYURE SOUZA MONTEIRO<sup>1</sup>, ALINE CARDOSO BRAGA<sup>1</sup>, ROMMELL FERREIRA MARTINS<sup>1</sup>, FABRICIO DE OLIVEIRA FARIAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Amazonas, Manaus, CEP 69020-120

---

### Resumo

*Este artigo aborda um estudo associado a uma prática experimental que foi desenvolvida no Laboratório de Física 1 com discentes do 2º período do Curso de Licenciatura em Física do IFAM-CMC. A atividade fez parte do planejamento associado à disciplina Física Experimental I ministrada no 2º semestre de 2018. Esse estudo teve como objetivo principal, demonstrar o potencial de contribuições da prática experimental para melhoria da qualidade de ensino e, conseqüentemente uma aprendizagem significativa pelos discentes. Na oportunidade, foi proposto aos discentes um estudo de três casos de sistemas de blocos, através do dispositivo Plano Inclinado, tendo como fundamentos para interpretação e determinação de parâmetros as Leis de Newton. A pesquisa tem como metodologia a exploração experimental em caráter de investigação, considerando os casos analisados, vale ressaltar que os discentes se dividiram em três equipes, na qual cada equipe desenvolveu seu experimento, iniciando pela etapa de montagem e seguindo procedimentos experimentais previamente definidos, assim coletaram dados e levantaram parâmetros específicos de acordo com o sistema de blocos explorado com base na teoria desenvolvida em ambiente de sala de aula. Considerando os resultados alcançados e discutidos, entendemos o grau de importância de se desenvolver atividades com essa especificidade e de modo sistematizado, tendo em vista que isso corrobora a ideia de potencializar o aprendizado de conceitos físicos explorados no campo da Dinâmica, com a aplicação das Leis de Newton em sistemas de blocos, mediante o plano inclinado, proporcionando, a motivação, o interesse, a interação e uma significativa aprendizagem dos discentes.*

**Palavras-chave:** Prática de experiência. Plano inclinado. Leis de Newton.

---

---

### Abstract

*This article approaches a study associated with an experimental practice that was developed in the Physics Laboratory 1 with students from the 2nd-period class in the Physics Degree Course at IFAM-CMC. The activity was part of the planning associated with the Curriculum Component Experimental Physics I in the 2nd semester of 2018. This study aimed to demonstrate the potential contributions of experimental practice to improve teaching quality and, consequently, significant student learning. During the course, students were presented with three case studies involving block systems using the Inclined Plane device, focusing on interpreting and determining parameters based on Newton's Laws. The methodology employed was experimental exploration with an investigative approach. Students were divided into three teams, each developing their experiments from assembly to data collection, following predefined experimental procedures. The results and discussions highlighted the importance of systematically developing such activities to enhance understanding of physical concepts, particularly in the field of dynamics, through the application of Newton's Laws to block systems using the inclined plane device. This approach fostered motivation, interest, interaction, and significant learning among the students.*

**Keywords:** *Experimental practice. Inclined plane. Newton's Laws.*

---

## I. INTRODUÇÃO

Quando nos referimos às dificuldades encontradas por discentes na compreensão de conceitos físicos durante o processo de ensino-aprendizagem, percebemos que tais saberes são demasiadamente complexos para os mesmos, fazendo-os ficar em uma situação complicada no decorrer do curso de Física. Já que, estudar conceitos físicos requer abstração, interpretação e cuidados nos estudos de fenômenos físicos presentes na natureza, mesmo que um estudo seja desenvolvido como na maioria das vezes, desencadeia-se um processo de memorização de fórmulas fazendo com que o estudante seja um mero copista e receptor de imagens, fazendo com que o professor seja o centro do processo.

Entendemos que o ensino de Física se torna mais dinâmico, quando conseguimos associar as teorias estudadas em sala de aula com as práticas experimentais, dessa forma, observa-se que o desenvolvimento de atividades experimentais sistematizadas e bem planejadas, contribuem com um intenso potencial na busca pela compreensão dos conceitos físicos descritos por meio de definições, leis, princípios, teorias, axiomas e etc. É importante destacar que a prática experimental, pôde auxiliar os discentes na tomada de decisões, porque aprimora a observação, a paciência e desperta mais curiosidades, fazendo parte de um processo que se inicia na sala de aula. Portanto, uma vez praticando a observação, a interação, o trabalho em equipe e uma significativa aprendizagem dos discentes, bem como um significativo sobressalto no entendimento dos conceitos físicos, contribuiremos para a formação do cidadão, tendo como desdobramento a compreensão dos fenômenos físicos que nos rodeia.

Diante do exposto, o presente trabalho visa apresentar as contribuições desencadeadas por meio de uma prática experimental, executada no Laboratório de Física 1 com discentes

do Curso de Licenciatura em Física com a perspectiva de ampliar, melhorar e/ou potencializar o entendimento dos conteúdos teóricos trabalhados em sala de aula. Todavia, como estava previsto a realização de uma prática que consistiu em analisar três sistemas de blocos, diante de uma superfície denominada Plano Inclinado, utilizamos a observação e mensuração de parâmetros previamente definidos para essa atividade, com a respectiva discussão dos mesmos entre as equipes definidas.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### II.1. DESCRIÇÃO DAS LEIS DE NEWTON

Os princípios básicos da dinâmica foram formulados por Galileu e por Newton. Após o trabalho de Galileu Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo, Newton em 1687 publicou em seu monumental tratado Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural três axiomas do movimento de um corpo. Dessa forma, segundo Nussenzveig (2002, p. 64), tais axiomas foram descritos do seguinte modo:

**Primeiro axioma:** Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele.

Esta lei ou axioma é válida apenas para referenciais inerciais. Isto implica que qualquer variação de velocidade  $\vec{v}$  de um corpo relacionado a um referencial inercial, está associada à ação de forças, logo, com base nestas ponderações, tal lei define o que é força.

**Segundo axioma:** Newton definiu o que chamou de quantidade de movimento, também conhecido como momento linear, ou simplesmente momento, postulando: A quantidade de movimento é a medida do mesmo, que se origina conjuntamente da velocidade e da massa.

Sabemos que o momento (linear) de uma partícula é o produto de sua massa por sua velocidade:

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

Por conta desta definição podemos afirmar que  $\vec{p}$  é uma grandeza vetorial, e que tal iniciativa do momento linear é medir o movimento de uma partícula. Mantendo a massa constante e derivando o momento em função do tempo, temos:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2)$$

Contudo, sabemos que a aceleração pode ser expressa da seguinte forma:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3)$$

Logo,

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (4)$$

Portanto, a definição de força é dada pela variação do momento num determinado período

de tempo:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (5)$$

Assim temos a segunda Lei de Newton, que define o que é massa translacional, ou seja, um corpo que não rotaciona ou precessiona, logo:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (6)$$

Quando existir várias forças no sistema, podemos expandir (3) com base no princípio da superposição:

$$\vec{F}_{\text{total}} = \sum \vec{F}_i \quad (7)$$

**Terceiro axioma:** Quando duas partículas atuam uma sobre a outra, as forças de interação correspondentes situam-se sobre a linha que une estas partículas; são iguais em módulo e de sentidos contrários.

Portanto, para um sistema onde uma partícula 1 atua sobre uma partícula 2, sendo que  $\vec{p}_1$  e  $\vec{p}_2$  são os momentos delas respectivamente, observamos que:

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} = -\frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad (8)$$

Caso essas variações sejam produzidas em intervalos de tempo extremamente curtos,

$$\Delta\vec{p}_1 = -\Delta\vec{p}_2 \quad (9)$$

Também pode ser descrita como:

$$\Delta\vec{p}_{\text{total}} = \vec{0} \quad (10)$$

Ou seja:

$$\frac{d\vec{p}_{\text{total}}}{dt} = \vec{0} \quad (11)$$

Com isso, constatamos que o momento total de um sistema isolado, se conserva a todo instante, inclusive durante colisões. De acordo com o que fora obtido na equação (2) e aplicando em (5), temos:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (12)$$

Podemos concluir que a força exercida pela partícula 1 sobre 2 é contrária àquela exercida pela partícula 2 sobre 1. É o que denominamos de par ação-reação, cerne da terceira lei de Newton.

### III. A IMPORTÂNCIA DA PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LICENCIANDO EM FÍSICA

A prática experimental mostra-se necessária no estudo de fenômenos físicos na natureza, pois evidencia um meio importante para consolidação das teorias propostas através de observações realizadas em laboratório ou ambiente adequado para pesquisa. Neste sentido,

a experimentação mostra-se um meio importante no processo de ensino, já que proporciona uma melhor condição para compreensão dos fenômenos físicos pelos licenciandos. Diante disso, através das ponderações sobre o processo de ensino aprendizagem mediante as práticas experimentais, torna-se evidente os benefícios desta abordagem e em como contribui para a construção dos conhecimentos em sala de aula.

Naturalmente, é importante destacar que a experiência mediante a pesquisa científica, mostra-se relevante para o desenvolvimento da sociedade moderna, contribuindo para avanços nas áreas de cunho científico. Pois, detém um aspecto importante na discussão dos resultados teóricos vistos na pesquisa, oferecendo desta forma, a possibilidade de reflexão sobre o método científico, mostrando que a ciência é pautada na observação e experimentação, já que apontando-se a relevância deste, pode-se desprender o processo de construção ativa do saber por parte do aluno e pesquisador, com este, sendo o mobilizador no desenvolvimento do conhecimento na pesquisa. (MARSULO; SILVA; 2005). Em virtude disto, observamos que tal aspecto, o método científico, é fundamental na experimentação e pesquisa, pois auxilia na formação de conhecimento visando o desenvolvimento da sociedade, além de ser visto como um conjunto de regras tendo em vista um experimento, a fim de suscitar novos conhecimentos, corrigir ou integrar já existentes. (VIZZOTTO et al, 2016).

De tal forma que, quando nos referimos ao processo de formação do licenciando em Física, a prática experimental vigora como elo importante no processo de ensino da física, contribuindo para a visibilidade dos fenômenos físicos estudados. Com este propósito, a experimentação em si não é completa a ponto de fazer com que o estudante mexa com alguns aparatos e obtenha certos parâmetros físicos, deve vir acompanhada de uma boa didática, antes da construção do conhecimento científico, oferecendo um ponto de partida para que discentes busquem soluções e sejam estimulados. (SOUZA, 2010). Concomitantemente, licenciandos do Curso de Física apresentam um grau de dificuldade alto na abstração dos saberes adquiridos em sala de aula, o que segundo Leiria et al. (2015, p.3) assinala: os professores revelam preocupação maior porque os alunos, não gostam da disciplina, mas gostam da experimentação. Por isso, passam a ter um desempenho melhor mediante as atividades experimentais, tendo por base uma boa didática, compelindo-os no processo de aprendizagem.

Através da teoria de ensino e aprendizagem de Ausubel, demonstra-se a importância e relevância da utilização desta metodologia de ensino e aprendizagem no uso de experimentos para licenciandos do curso de Física. Com isso, a prática experimental no contexto do processo de ensino e aprendizagem, apresenta-se como uma alternativa em caráter inovador, considerando-a uma medida de bom senso, pois se abraçado de maneira eficaz, trará resultados importantes para os acadêmicos, pois, segundo Moreira (2011, p.2), assinala: A aprendizagem significativa de Ausubel trata do processo em que uma informação nova se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, a não arbitrariedade significa que um potencial material significativo se relaciona de uma maneira não arbitrária com o saber já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, conhecimentos especificamente relevantes, já substantividade trata da incorporação à estrutura cognitiva a substância do conhecimento, um mesmo conceito deve ser explicado de muitas maneiras, logo, na perspectiva ausubeliana o conhecimento prévio do estudante

é importante (MOREIRA, 2011). Portanto, torna-se necessário não sobrecarregar o aluno, mas buscar uma melhor maneira de relacionar os conteúdos e deixá-los livres para buscar soluções. (TAVARES, 2008).

Pois essa como o seu próprio nome diz é um tipo de aprendizagem que dá ao aluno um significado, Tavares (2008, p.101) relata que quando o aprendiz tem pela frente um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, ele estará construindo significados. Ou seja, o processo dar-se-á por intermédio de uma nova informação que relaciona à estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2011). Sendo assim, o licenciando enquanto faz uso da prática experimental é dado ênfase nos conhecimentos prévios advindos dos mesmos, estimulando o saber dos estudantes.

É no transcorrer da aprendizagem significativa que o significado lógico do material da aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito. Para Ausubel a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento a experimentação, também se coloca como baluarte no tocante aos benefícios advindos desta modalidade de ensino, atestando que a médio e longo prazo, a prática oferece um meio eficaz na divulgação científica entre os alunos, através do experimento. (MOREIRA, 2011). Portanto, a prática experimental atribui alguns benefícios, os acadêmicos tornam-se participativos, curiosos e empolgados perante as atividades, logo terão a oportunidade de ver alguns fenômenos por meio de prática em laboratório e assim poderão compreender melhor eventos do cotidiano, além de que

O laboratório didático introduz elementos específicos, que facilitam o reconhecimento do contexto escolar, e aumentam a probabilidade e a necessidade de os alunos utilizarem argumentos mais adequados e completos, cuja estrutura se aproxima mais da estrutura dos argumentos científicos, em suas respostas a problemas e questões escolares (VILLANI e NASCIMENTO, 2003, p. 206).

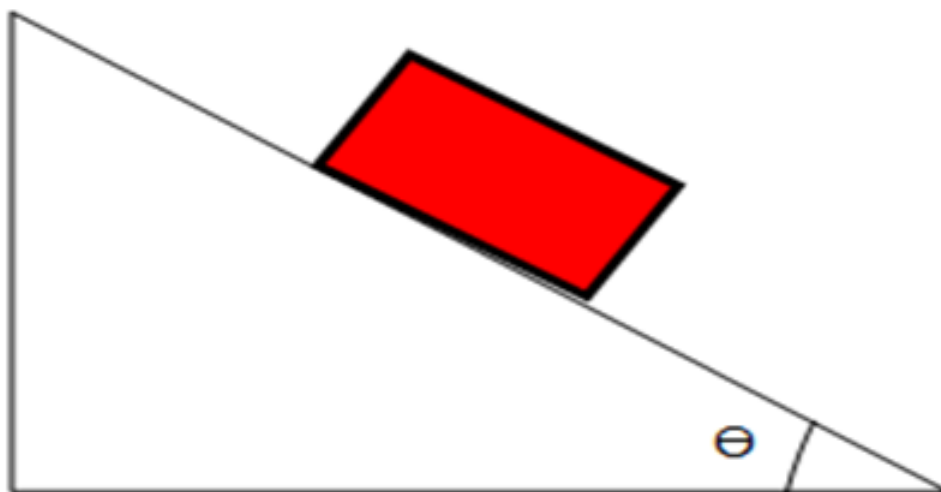
A experimentação além de ser um recurso de grande importância para o desenvolvimento de competências na formação de um professor, também é um meio de propagação e constatação do conhecimento científico, na medida em que os dados extraídos dos experimentos constituam a palavra final sobre o entendimento do fenômeno em causa.

A experimentação além de ser um recurso de grande importância para o desenvolvimento de competências na formação de um professor, também é um meio de propagação e constatação do conhecimento científico, na medida em que os dados extraídos dos experimentos constituam a palavra final sobre o entendimento do fenômeno em causa. Em vista disso, e considerando que no futuro os licenciandos atuarão como professores nas escolas entendemos que em detrimento do nosso processo de formação inicial e da consolidação de objetivos que farão parte da nossa ação docente na sala de aula, torna-se necessário, um domínio eficaz de práticas experimentais, para que possamos atuar em ambientes diante de laboratório de física ou então desenvolvendo experimentos por meio de materiais alternati-

vos. Sabemos que uma prática experimental, alia teoria à prática e dessa forma possibilita o desenvolvimento da pesquisa em eventos da física, além é claro da problematização na sala de aula, isso traz como consequência o despertar da curiosidade e o interesse dos alunos. Portanto ações dessa natureza colocam o estudante como sujeito ativo no processo de aprendizagem, possibilitando-o desenvolver habilidades e competências específicas.

#### IV. APLICAÇÃO DAS LEIS DE NEWTON NO PLANO INCLINADO

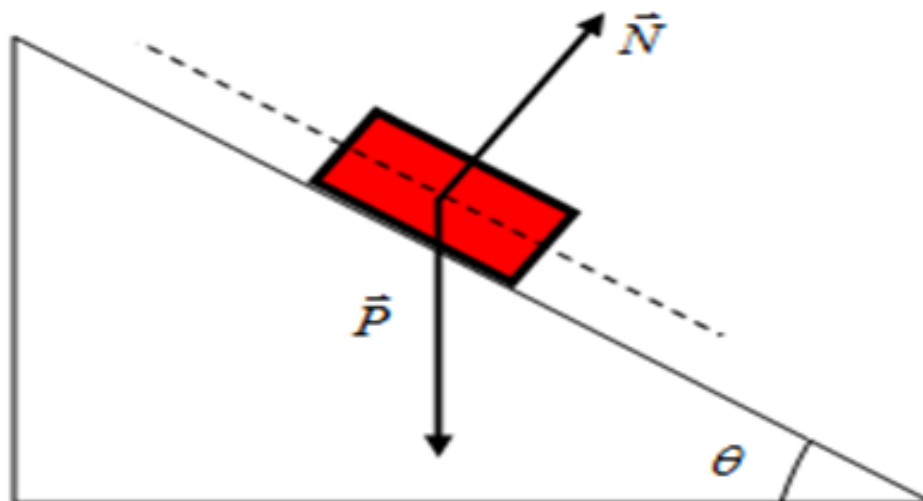
O físico italiano chamado Galileu Galilei, utilizando o Plano Inclinado descobriu as leis do movimento uniformemente acelerado de uma maneira simples e prática. O estudo de um sistema com plano inclinado é utilizado na física como uma das aplicações da Mecânica Newtoniana. Na obra intitulada Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo, cuja autoria pertence a Galileu Galilei, através de diálogos entre dois personagens, Salviati e Simplicio, além de formular pela primeira vez a lei da inércia, contemplam em seu trabalho uma discussão envolvendo o plano inclinado. Um dos diálogos começa com Salviati, perguntando o que aconteceria se deixássemos uma bola perfeitamente esférica, de algum material duro e pesado cair em uma superfície lisa como um espelho estando esta inclinado. (NUSSENZVEIG, 2013). Inicialmente considera-se num plano inclinado o movimento de uma partícula, bloco ou bola, que desliza em uma superfície sem atrito, assim, encontraremos aceleração, e outros parâmetros envolvidos nessa aplicação. Portanto, toda superfície plana ou não, oblíqua com inclinação menor que  $90^\circ$  em relação a horizontal é denominada plano inclinado, ver Figura 1.



**Figura 1:** Ilustração de um plano inclinado. Fonte: elaborado pelos autores (2022).

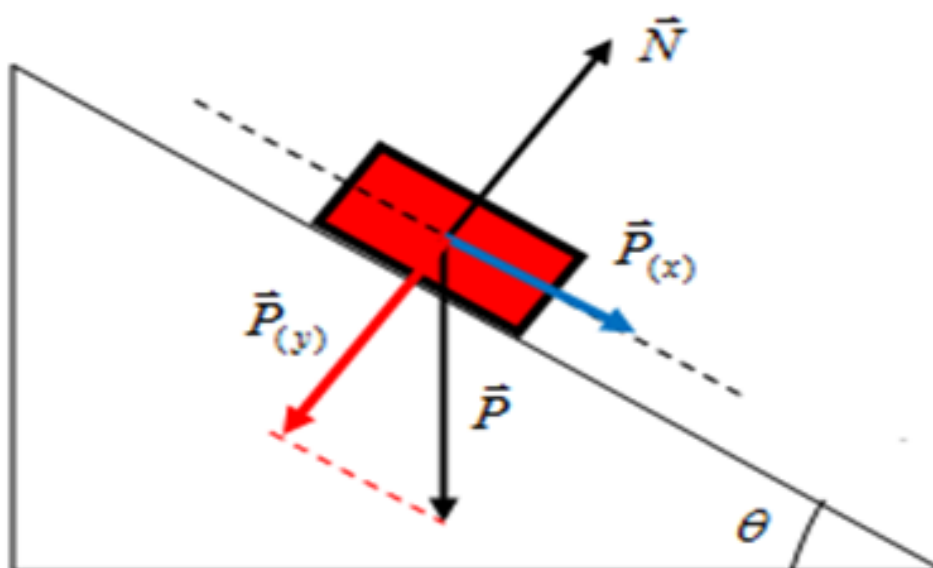
Estudar um corpo diante de uma superfície com essa especificidade, requer muita atenção, pois a interpretação varia entre um caso e outro. Assim, em linhas gerais, vamos analisar inicialmente a ação da força peso, aplicada devido ao campo gravitacional terrestre.

Logo, consideramos um corpo inicialmente em repouso que deslizou sobre o plano inclinado, conforme a Figura 2.



**Figura 2:** Corpo deslizando sobre um plano inclinado. Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Tomando como referência o sistema de coordenadas (x e y), um na direção do movimento com o sentido de crescimento para a parte mais baixa, ver Figura 3 e outro perpendicular ao plano de contato do corpo. Vamos então representar as componentes da força peso que atua no corpo graficamente:



**Figura 3:** Representação das componentes do peso. Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Dessa forma, vamos descrever as componentes da força peso, com base nas relações trigonométricas básicas. Sabendo que o ângulo formado entre a força peso e o eixo  $y$  é  $\theta$ , vamos descrever as componentes da força peso em função das relações trigonométricas seno e cosseno:

$$P_x = P \sin(\theta) \quad (13)$$

$$P_y = P \cos(\theta) \quad (14)$$

Considerando o sistema de coordenadas adotado, destacamos que ocorreu variação de velocidade na direção paralela à superfície do plano inclinado no eixo  $x$ . Agora, na direção perpendicular à superfície do plano, na direção do eixo  $y$ , não há movimento, portanto não temos aceleração, neste caso:

Ao aplicar o princípio da força resultante na direção  $y$ :

$$N - P_y = 0 \quad (15)$$

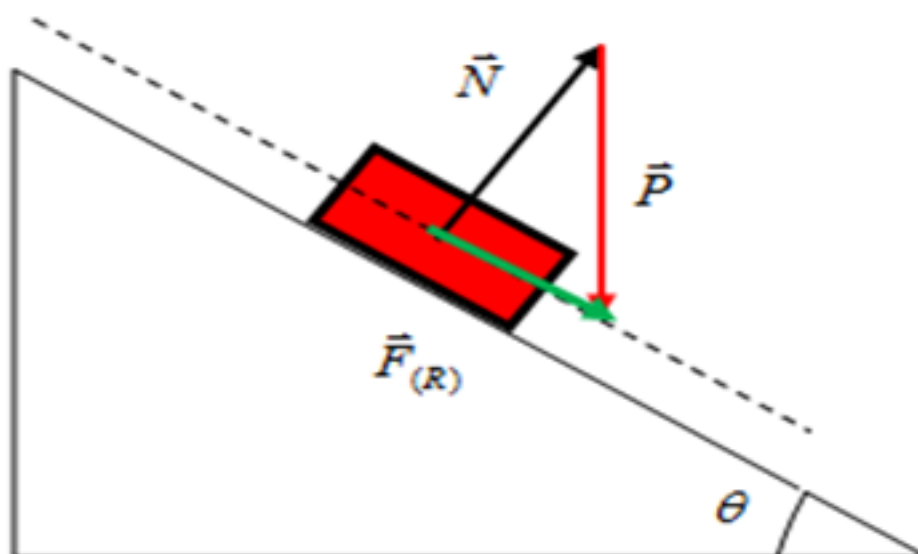
Notamos que a intensidade da força normal corresponde à componente da força peso na direção  $y$ . Para a direção  $x$ , observa-se que há uma aceleração que vale:

$$a_x = \frac{P_x}{m} \quad (16)$$

Então, usando o princípio da força resultante na direção  $x$  e a equação (13):

$$F_x = m \cdot a_x \quad (17)$$

Isso mostra que temos uma resultante das forças que atua na direção paralela ao plano com orientação para sua parte inferior. Então, no bloco, teremos uma aceleração, paralela ao plano e orientada para sua parte inferior (mais baixa), ver Figura 4.



**Figura 4:** Orientação da aceleração do bloco. Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Analisando a equação (17) percebe-se que a aceleração do corpo independe de sua massa. Todavia, como já destacamos, a aceleração pode depender de outros parâmetros, contudo isso dependerá do caso analisado

## V. CAMINHOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO

A pesquisa que originou este artigo se caracteriza como qualitativa, uma vez que pesquisas com essa característica nos fornecem informações mais descritivas, que primam pelo significado dado às ações. Os participantes dessa investigação foram acadêmicos da Licenciatura em Física e o problema que serviu de eixo norteador foi: quais os aspectos de atenção e entendimento que se manifestam na interação de estudantes na análise de sistemas diante de um plano inclinado?

De acordo com a proposta apresentada, foram estudados três sistemas constituídos por blocos com configurações diferentes e diante de um plano inclinado. Os materiais utilizados foram: 2 Kits com plano inclinado de metal, 1 Kit com plano inclinado de madeira, 1 Balança de prato, linha de pipa, Blocos de madeira com gancho, Blocos de madeira com borracha em uma das superfícies e também com gancho, Mola, Trena e Transferidor de  $90^\circ$  com seta indicadora. Esses sistemas foram designados como casos (a), (b) e (c1 e c2), conforme representado nas Figuras (5 e 6).



**Figura 5:** *Sistemas de blocos casos (a e b).* Fonte: elaborado pelos autores (2022).



**Figura 6:** *Blocos em equilíbrio casos (c1 e c2).* Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Como todo o material foi disponibilizado no laboratório, ficou a cargo de cada equipe realizar a montagem e cumprimento dos procedimentos experimentais estabelecidos previamente. A seguir realizaremos uma descrição geral dos procedimentos adotados nos casos:

#### **Descrição do caso (a):**

O experimento em si consiste basicamente na manipulação de materiais ditos simples, referentes a composição do conhecido plano inclinado, neste caso, a parte mais complexa, seria quando fossem feitos os cálculos da aceleração e da força normal, no qual o bloco utilizado no sistema saísse do seu estado de repouso e entrasse em movimento, mediante um determinado ângulo (a ser estipulado).

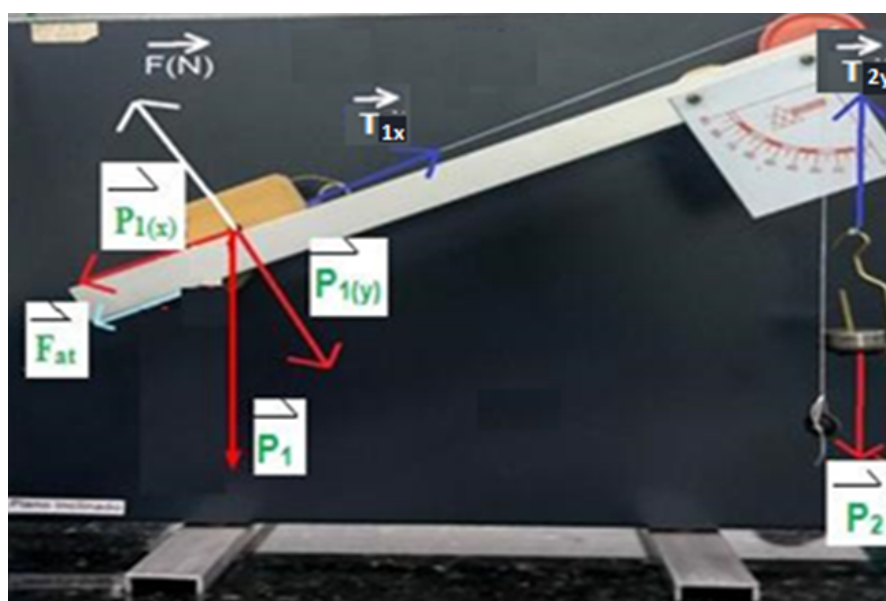
No que diz respeito à parte prática do experimento realizado no plano inclinado, destacamos que a fase inicial se deu pela mensuração de massas. Devido ao fato de trabalhar-se comumente com blocos, nesta experiência utilizou-se apenas um, além de um gancho fixado a uma corda de massa desprezível que liga este a um determinado bloco, ou corpo de massa conectado ao sistema. Com auxílio da balança de prato, Figura 7, as

medidas de massa dos corpos 1 e 2, respectivamente referentes ao bloco e ao gancho com os corpos de massa, foram determinadas de maneira separada, onde se pudesse ter medidas com precisão.



**Figura 7:** Balança de prato. Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Na primeira parte na qual são feitas as medidas e manipulações de um sistema, com a intenção de se entender a aplicabilidade do fenômeno, foi determinado um ângulo conforme as mudanças realizadas de inclinação, onde o bloco ainda permanecia em repouso (não se movia). Nesta etapa encontrou-se o ângulo de  $15^\circ$  como o marco onde ainda não ocorreria o movimento do bloco. Isso só foi possível colocando os equipamentos de maneira correta, o bloco em uma posição dita ideal, os corpos de massa ligados a um gancho (com este fixado a uma corda conectada ao bloco). Como a primeira etapa foi realizada com sucesso, assim pôde-se avançar no estudo, focando na etapa seguinte em que o bloco estivesse em movimento com base na inclinação. Uma vez isso ocorrendo, determinamos a aceleração do sistema e posteriormente mensuramos a intensidade da força normal e tração no fio, com base no diagrama de forças em relação aos blocos, representado através da (figura 8).



**Figura 8:** Diagrama das forças envolvidas no sistema (a). Fonte: elaborado pelos autores (2022).

A seguir, vamos descrever todas as forças que atuam no sistema, com base no diagrama já apresentado:

No bloco 1:

- $F_N$ : Força normal no bloco 1;
- $P_1$ : Peso referente ao bloco 1;
- $P_{1x}$ : Componente da Força peso  $P_1$  em relação ao eixo ( $x$ );
- $P_{1y}$ : Componente da Força peso  $P_1$  em relação ao eixo ( $y$ );
- $f$ : Força de atrito experimentada pelo bloco 1;
- $T$ : Tração que o sistema gera em relação ao bloco 1 (considerando fio inextensível);

No bloco 2:

- $P_2$ : Peso referente ao bloco 2;
- $T$ : Tração que o sistema gera em relação ao bloco 2;

Com o objetivo de demonstrar de forma clara a aplicação dos conceitos, vamos utilizar o conhecido diagrama de forças, fazendo uso das forças aplicadas no bloco 1 e também no bloco 2 conforme a disposição delas nos eixos  $x$  e  $y$ . Desenvolvemos o experimento, mensurando alguns parâmetros de tal modo que o movimento do sistema ocorresse no sentido horário.

A partir da equação (4) para ambas as massas do sistema, vamos considerar para análise do bloco 1 em relação ao eixo  $x$ :

$$P_{1x} - f - T = m_1 a \quad (18)$$

Em relação ao eixo  $y$ :

$$F_N - P_{1y} = 0 \quad (19)$$

Sabendo que  $P_{1x} = P_1 \sin(\theta)$  e  $P_{1y} = P_1 \cos(\theta)$ , temos:

$$P_1 \sin(\theta) - f - T = m_1 a \quad (20)$$

$$F_N = P_1 \cos(\theta) \quad (21)$$

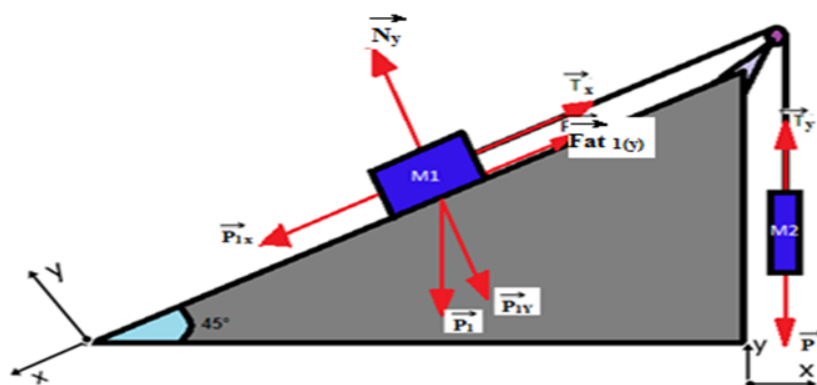
Em relação ao bloco 2, para o eixo  $x$ , se destaca que  $T = m_2 a$ . Porém, no eixo  $y$ , temos:

$$P_2 - T = m_2 a \quad (22)$$

### Descrição do caso (b):

Observando que o caso (b) é muito parecido com o caso (a) já destacado, este sistema apresenta massas diferentes e também uma inclinação diferente da utilizada no caso (a). Esse sistema é constituído por dois blocos ligados por meio de um fio que passa através de uma roldana, de massas desprezíveis e sem atrito. De posse dos materiais disponíveis para

esse experimento, a equipe iniciou a atividade, mensurando a massa de ambos os blocos, em seguida montou o sistema, considerando que a massa 1 (bloco 1) foi abandonada e a superfície do plano apresentava uma inclinação de  $45^\circ$  com a horizontal. É importante destacar que para este caso, utilizamos alguns parâmetros de tal modo que isso nos possibilita obter um movimento ocorrendo no sentido anti-horário. Uma vez isso ocorrendo, determinamos a aceleração do sistema e posteriormente mensuramos a intensidade da força normal e a tração no fio, com base no diagrama de forças representado através da Figura 9.



**Figura 9:** Diagrama das forças envolvidas no sistema (b). Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Abaixo apresentamos uma legenda das forças que atuam no sistema, conforme o diagrama já apresentado:

**No bloco 1:**

- $\vec{N}_1$  = Força normal no bloco 1;
- $\vec{P}_1$  = Peso referente ao bloco 1;
- $\vec{P}_{1x}$  = Componente da Força peso  $\vec{P}_1$  em relação ao eixo ( $x$ );
- $\vec{P}_{1y}$  = Componente da Força peso  $\vec{P}_1$  em relação ao eixo ( $y$ );
- $\vec{f}_1$  = Força de atrito experimentada pelo bloco 1;
- $\vec{T}_1$  = Tração que o sistema gera em relação ao bloco 1 (considerando fio inextensível);

**No bloco 2:**

- $\vec{P}_2$  = Peso referente ao bloco 2;
- $\vec{T}_2$  = Tração que o sistema gera em relação ao bloco 2;

Com base no diagrama apresentado anteriormente, faremos o uso das forças aplicadas no bloco 1 bem como no bloco 2 e não esquecendo de sua disposição ao longo dos eixos  $x$  e  $y$ . Como realizamos o experimento, mensurando alguns parâmetros de tal modo que o movimento do sistema ocorresse no sentido anti-horário.

Iniciaremos a análise pelo bloco 1 em relação ao eixo  $x$ , então:

$$\vec{P}_{1x} - \vec{f}_1 = m_1 a_1 \quad (23)$$

Agora no eixo  $y$  temos que:

$$\vec{N}_1 - \vec{P}_{1y} = 0 \quad (24)$$

Dessa forma, sabendo que  $\vec{N}_1 = \vec{P}_{1y}$ , portanto:

$$\vec{N}_1 = \vec{P}_1 \cos \theta \quad (25)$$

Em relação ao bloco 2, para o eixo  $x$ , se destaca que  $\vec{T}_2 = m_2 a_2$ . Porém no eixo  $y$ , temos:

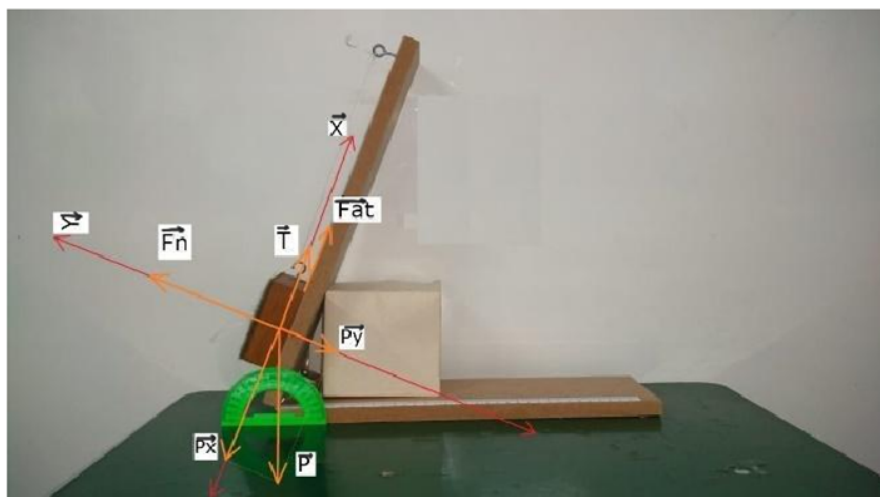
$$\vec{P}_2 - \vec{T}_2 = m_2 a_2 \quad (26)$$

Para encontrar a tração na corda:

$$\vec{T} = \frac{m_2 \vec{P}_2}{m_1 + m_2} \quad (27)$$

### Descrição do caso (c1):

O 3º caso avaliado na proposta experimental, de fato se configurou com dois sistemas diferenciados, no caso (c1) o primeiro procedimento foi trabalhar com um bloco de madeira em contato com o plano. Ele então foi preso a um fio de massa desprezível que estava ligado a um gancho. Para esse experimento, previamente foi definido um ângulo  $\theta$ , pois nossa ideia era determinar a tração no fio que prende o bloco. Assim, para colocar a rampa na inclinação definida, foi utilizado um bloco extra de madeira para travar qualquer movimento da rampa e assim foi possível colocá-la no ângulo  $\theta$  igual a  $70^\circ$  com o auxílio de um transferidor. Sabendo que o sistema ficou em equilíbrio e considerando que nessa etapa o nosso parâmetro a ser determinado é a tração no fio. Faremos uso das forças que neste caso são aplicadas ou estão presentes, dessa forma, podemos descrever o diagrama das forças em relação ao bloco diante do plano inclinado. A Figura 10 apresenta detalhadamente o diagrama vetorial, identificando as forças presentes no bloco já destacado.



**Figura 10:** Diagrama das forças envolvidas no sistema (C1). Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Nomeando as forças que atuam no bloco sobre a rampa, com base no diagrama, temos:

No bloco 1:

$$N_1 = \text{Força normal no bloco 1;} \quad (28)$$

$$P_1 = \text{Peso referente ao bloco 1;} \quad (29)$$

$$P_{1x} = \text{Componente da Força peso } P_1 \text{ em relação ao eixo (x);} \quad (30)$$

$$P_{1y} = \text{Componente da Força peso } P_1 \text{ em relação ao eixo (y);} \quad (31)$$

$$f_1 = \text{Força de atrito experimentada pelo bloco 1;} \quad (32)$$

$$T_1 = \text{Tração que o sistema gera em relação ao bloco 1 (considerando fio inextensível);} \quad (33)$$

Levando em conta o diagrama apresentado anteriormente, usaremos as forças aplicadas no bloco que repousa sobre o plano inclinado, porém não devemos esquecer que nesse caso não houve movimento.

Iniciaremos a análise pelo bloco 1 em relação ao eixo (x) que se encontra em repouso com base na 2ª Lei de Newton ou equação (4), então, devido ao fato de o bloco encontrar-se em repouso, temos:

$$\sum F_{1x} = 0 \quad (34)$$

Para encontrarmos a tração no sistema:

$$T_1 = P_{1x} + f_1 \quad (35)$$

Agora no eixo y temos que:

$$\sum F_{1y} = 0 \quad (36)$$

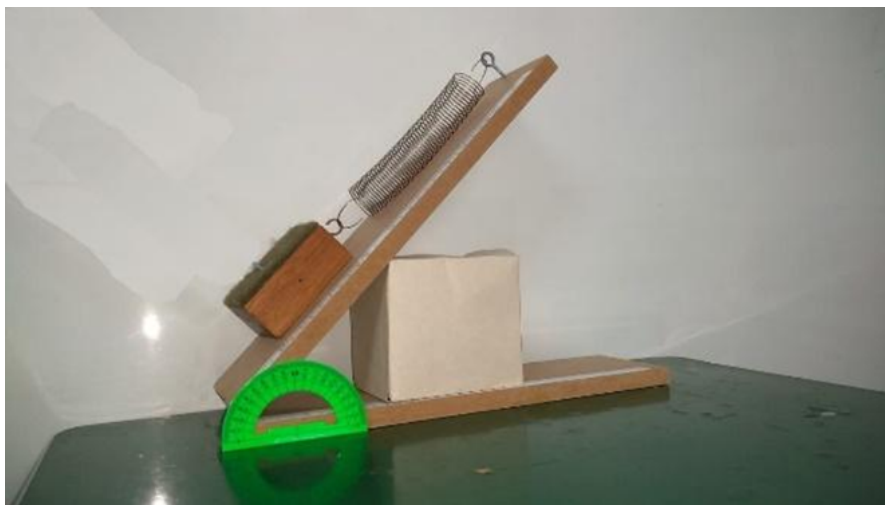
Dessa forma, sabendo que  $P_{1y} = P_1 \cos(\theta)$ , temos:

$$N_1 - P_{1y} = 0 \quad (37)$$

**Descrição do caso (c2):**

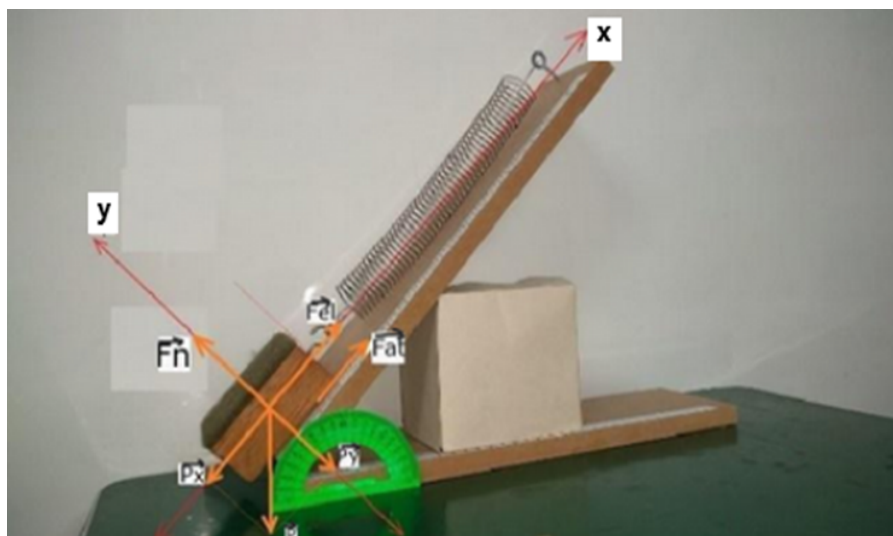
Para a descrição do caso (c2), destacamos que utilizamos uma mola presa ao gancho e na outra extremidade da mola, colocamos o bloco de madeira em contato e em repouso sobre o plano inclinado. Como já estava definido para esse caso, utilizamos um ângulo  $\theta$  definido para este caso.

Para colocar a rampa na inclinação definida, foi utilizado um bloco extra de madeira para travar qualquer movimento da rampa e assim foi possível colocá-la no ângulo  $\theta$  igual a  $50^\circ$  com o auxílio de um transferidor. Sabendo que o bloco de madeira diante do plano inclinado, foi abandonado, assim, verificou-se que o mesmo se deslocou para a parte inferior do plano inclinado, deformando a mola e em seguida entrando em equilíbrio, como mostramos na Figura 11.



**Figura 11:** Bloco em equilíbrio. Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Considerando o bloco em equilíbrio e tendo interesse em determinar a constante elástica da mola. A etapa seguinte foi medir com a trena o comprimento final da mola. Com base nas forças aplicadas ou presentes, vamos então, descrever o diagrama de forças em relação ao bloco diante do plano inclinado Figura 12.



**Figura 12:** Diagrama das forças envolvidas no sistema (C2). Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Descrevendo as forças que atuam no bloco sobre a rampa de acordo conforme a Figura 12, temos: No bloco:

$N$  = Força normal no bloco;

$W$  = Peso referente ao bloco;

$W_x$  = Componente da Força peso  $W$  em relação ao eixo  $x$ ;

$W_y$  = Componente da Força peso  $W$  em relação ao eixo  $y$ ;

$f$  = Força de atrito experimentada pelo bloco;

$F_e$  = Força elástica devido ao contato do bloco com a mola.

Considerando as forças aplicadas no bloco que repousa sobre o plano inclinado e não esquecendo a orientação ao longo dos eixos  $x$  e  $y$ . Como realizamos o experimento, mensurando alguns parâmetros de tal modo que o bloco entrasse em equilíbrio, aplicando a 2ª Lei de Newton ou relação (4), para componente no eixo  $x$  para o bloco que repousa sobre o plano inclinado, não havendo portanto movimento no eixo  $x$ , isso implica dizer que a aceleração será nula, logo:

$$\sum F_x = 0$$

Em módulo temos que  $W_x = f$ , logo:

$$W \sin \theta = f$$

Analisando no eixo  $y$  temos que:

$$\sum F_y = 0$$

Sabendo que  $N = W_y$ , temos:

$$N = W \cos \theta$$

Na seção a seguir, indicaremos de modo sistemático os dados obtidos, conforme os casos estudados.

## VI. DADOS OBTIDOS

Vale destacar que para realizarmos todos os experimentos definidos e conseqüentemente registrarmos dados, através das medições, utilizou-se aparelhos específicos tais como: Balança de prato (Massa dos corpos utilizados nos experimentos), Transferidor (Inclinação do plano inclinado), Trena (Deformação de uma mola). É importante destacar que cada aparelho apresenta uma precisão ( $p$ ) para sua medida, assim, destacamos que:

$$\text{Balança} \rightarrow p_{\text{balança}} \quad (38)$$

$$\text{Transferidor} \rightarrow p_{\text{transferidor}} \quad (39)$$

$$\text{Trena} \rightarrow p_{\text{trena}} \quad (40)$$

Considerando as informações acima e sabendo que a incerteza equivale à metade da precisão ( $u = \frac{p}{2}$ ), calculamos a incerteza dos equipamentos, na qual obtivemos:

$$u_{\text{balança}} = \frac{p_{\text{balança}}}{2} \quad (41)$$

$$u_{\text{transferidor}} = \frac{p_{\text{transferidor}}}{2} \quad (42)$$

$$u_{\text{trena}} = \frac{p_{\text{trena}}}{2} \quad (43)$$

De acordo com os experimentos realizados, apresentaremos integralmente os dados obtidos, por meio das tabelas (1, 2, 3 e 4), conforme os casos estudados.

No próximo tópico, mediante o uso dos dados obtidos nos experimentos e fazendo uso de fundamentos teóricos, indicaremos alguns resultados e conseqüentemente faremos as discussões, conforme interesse.

## VII. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caso (a): De acordo com a proposta do experimento, definida para o caso (a) e considerando um movimento no sentido horário e o diagrama vetorial das forças atuantes em cada elemento do sistema. Foi realizado a decomposição da força-peso e comportamento dos blocos com base no ângulo  $\theta$  utilizado no plano inclinado e identificamos o tipo de atrito presente no bloco 1, conforme o seu comportamento. Com isso, considerando a representação gráfica da situação-problema e utilizando cálculos, vamos determinar a intensidade da força normal, a aceleração do sistema e ainda o módulo da tração no fio. Portanto, utilizando as interpretações já definidas para este caso:

Para a força normal, vale a relação:

$$N = mg \cos \theta \quad (44)$$

Substituindo, temos:

$$N = m_1 g \cos \theta \quad (45)$$

No sentido de determinar a aceleração do sistema, temos as seguintes condições  $a = \frac{F}{m_{\text{total}}}$  (pois o sistema movimenta-se numa só direção) e  $T = m_2 a$  (já que o fio é inextensível), portanto, utilizando as interpretações para este sistema, temos que:

$$m_1 g \sin \theta - T = m_1 a \quad (46)$$

$$T - m_2 g = m_2 a \quad (47)$$

Resolvendo o sistema de equações, obtemos a aceleração:

$$a = \frac{m_1 g \sin \theta - m_2 g}{m_1 + m_2} \quad (48)$$

Logo, com base nas condições para o movimento estabelecidas para aceleração e considerando que a tensão na corda, pode ser obtida por:

$$T = m_2 (g + a) \quad (49)$$

Então:

$$T = m_2 \left( g + \frac{m_1 g \sin \theta - m_2 g}{m_1 + m_2} \right) \quad (50)$$

Tomando como base nossa proposta experimental para este caso, vale destacar que conseguimos aplicar os fundamentos teóricos e dessa forma, fosse possível estimar parâmetros de nosso interesse, tendo em vista as condições em que o experimento foi realizado. Numericamente concluímos que, por essa razão, o movimento do sistema se estabeleceu no sentido horário. Nesse estudo, é importante destacar que não consideramos a resistência do ar, parâmetro o qual provoca dissipação de energia. Outro fator interessante versa em relação aos equipamentos utilizados no experimento, pois estes descrevem medidas com base em precisões e incertezas.

Caso (b): A proposta do experimento para o caso (b) é semelhante à do caso (a), todavia o movimento do sistema para este caso foi no sentido anti-horário. Dessa forma, inicialmente, foi descrito um diagrama vetorial das forças atuantes em cada elemento do sistema, decompondo a força-peso e assim estudamos o comportamento dos blocos de acordo com a inclinação  $\theta$  utilizada no plano inclinado e considerando ainda o tipo de atrito presente no bloco 1 de acordo com o seu estado. Portanto, utilizando as interpretações já indicadas para este caso, observamos que a força normal vale a relação:

$$F_N = P_{1(y)} \quad (51)$$

Substituindo, temos:

$$F_N = P_{1y} \rightarrow F_N = m_1 g \cos(\theta) \rightarrow F_N = 2,46 \times 10^{-1} \times 9,81 \times \cos(45^\circ) F_N = 1,71 \text{ N} \quad (52)$$

Para determinarmos a aceleração do sistema, temos as seguintes condições  $|\vec{a}_x| = |\vec{a}_y| = a$  (pois o sistema movimenta-se numa só direção),  $|\vec{T}_x| = |\vec{T}_y| = |\vec{T}| = T$  (já que o fio é

inextensível). Logo, utilizando as descrições para este caso, fica:

$$\begin{cases} m_1 g \sin(\theta) - \mu_c m_1 g \cos(\theta) - T = m_1 a \\ T - m_2 g = m_2 a \end{cases} \quad (53)$$

Resolvendo o sistema de equações, obtemos a aceleração:

$$\begin{aligned} a &= g \left[ \frac{m_1 (\sin(\theta) - \mu_c \cos(\theta)) - m_2}{m_1 + m_2} \right] \\ &= 9,81 \left[ \frac{2,41 \times 10^{-1} (\sin(45^\circ) - 0,47 \cos(45^\circ)) - 3,1 \times 10^{-2}}{2,41 \times 10^{-1} + 3,1 \times 10^{-2}} \right] \\ &= 2,167 \text{ m/s}^2 \quad (54) \end{aligned}$$

Dessa forma, com base nas condições para o movimento estabelecidas para aceleração e que a tensão na corda algebricamente, vale:

$$T = m_2(a + g) \quad (55)$$

Substituindo, fica:

$$T = 3,1 \times 10^{-2} \times (2,167 + 9,81) T = 3,71 \times 10^{-1} \text{ N} \quad (56)$$

Tomando como base nossa proposta experimental para este caso, vale destacar que conseguimos aplicar os fundamentos teóricos e, dessa forma, foi possível estimar parâmetros de nosso interesse, tendo em vista as condições em que o experimento foi realizado.

No caso (C1): O experimento definido como caso (C1) tinha como objetivo mensurar a intensidade da força de tração em um fio que mantém um bloco de madeira em equilíbrio sobre um plano inclinado. Iniciamos os registros através do esboço do diagrama vetorial das forças atuantes no bloco, considerando o ângulo  $\theta$  definido para esse experimento e realizando a decomposição da força-peso. Com base nos conceitos teóricos estudados em sala de aula, foi possível definir o tipo de atrito presente no bloco, conforme o seu comportamento. Iniciaremos essa etapa determinando a intensidade da força normal, a intensidade da força de atrito e o módulo da tração no fio, portanto:

$$\text{A intensidade da força normal, conforme nossas descrições será dada por: } F_N = P_y \quad (57)$$

Substituindo, fica:

$$F_N = P_y \rightarrow F_N = m_1 g \cos(\theta) \rightarrow F_N = 0,513 \text{ N} \quad (58)$$

No sentido de encontrarmos a tração no fio, sabemos que em respeito à aceleração do sistema, temos as seguintes condições  $|\vec{a}_x| = |\vec{a}_y| = a = 0$  (pois o sistema encontra-se em repouso). Então, vale considerar que  $|\vec{T}_x| = |\vec{T}| = T$  (já que o fio é inextensível). Logo, a

tração pode ser obtida por:

$$\begin{aligned}m_1 g \sin(\theta) - \mu_e m_1 g \cos(\theta) - T &= 0 \\T &= m_1 g [\sin(\theta) - \mu_e \cos(\theta)] \\T &= 1,53 \times 10^{-1} \times 9,81 [\sin(70^\circ) - 0,5 \cos(70^\circ)] \\T &= 1,15 \text{ N} \quad (59)\end{aligned}$$

Calculamos ainda a intensidade da força de atrito estático:

$$F_{at} = \mu_e m_1 g \cos(\theta) F_{at} = 0,5 \times 1,53 \times 10^{-1} \times 9,81 \times \cos(70^\circ) F_{at} = 2,57 \times 10^{-1} \text{ N} \quad (60)$$

## VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino da física pode se tornar mais interessante quando temos a oportunidade de visualizar as teorias na prática. Sendo assim, as propostas de experimentos associados às aulas teóricas visam incentivar o estudo e melhorar o entendimento acerca dos conteúdos trabalhados.

Através dos experimentos realizados, foi possível observar na prática a aplicação das Leis de Newton por meio da análise de sistemas compostos por blocos em um plano inclinado, de acordo com os casos analisados, foram levantados alguns parâmetros através de cálculos para compreensão do sistema. Assim, no contexto da pesquisa que originou o estudo, aqui exposto, avaliamos que a prática experimental associada aos conceitos de Física estudados em sala de aula é um importante aliado à aprendizagem, dado que acontece de maneira diferenciada, auxiliando os alunos no processo de ensino-aprendizagem, pois quando caminham em conjunto a teoria e a prática o aprendizado dar-se de modo satisfatório.

Isso permite ao discente desenvolver suas habilidades de manipulação, questionamento, investigação, organização e comunicação, adquirindo conceitos através da formulação de modelos teóricos e desenvolvendo suas habilidades cognitivas, por meio da solução de problemas, do pensamento crítico e da aplicação e análise dos resultados, despertando assim a curiosidade, o interesse e o gosto pela Física e contribuindo com suas formações, visto que serão futuros professores.

## REFERÊNCIAS

LEIRIA *et al.* O papel das atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de física. *XII Congresso Nacional de Educação*. Curitiba, out. 2015.

MARSULO, M. A. G.; SILVA, R. M. G. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimento no ensino de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 3, p. 1-12, 2005.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 25-46, dez. 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica, 1: mecânica*. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

SOUZA, A. J. *A importância da Física Experimental no processo de ensino e aprendizado*. 2010. 39 f. Monografia (Graduação em Física) Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2010.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *Ciências & Cognição*, v. 13, n. 2, p. 99-108, jul. 2008.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. A argumentação em ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 187-209, dez. 2003.

VIZZOTTO *et al.* Breve reflexão sobre a importância do método científico. *Instituto Metodista de Ensino Superior*. São Paulo, n. 20, p. 113-125.