

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

DAVID'S ARIELTO SANTIAGO DE MATOS

PROBLEMÁTICA DO USO DE DIAGRAMAS DE CORPO LIVRE NA SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE MECÂNICA DOS ALUNOS DE ENSINO MÉDIO E ENSINO
SUPERIOR

MACAPÁ- AP

2023

DAVID'S ARIELTO SANTIAGO DE MATOS

PROBLEMÁTICA DO USO DE DIAGRAMAS DE CORPO LIVRE NA SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE MECÂNICA DOS ALUNOS DE ENSINO MÉDIO E ENSINO
SUPERIOR

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal do
Amapá – UNIFAP, como requisito para o
recebimento do título de Especialista em
ensino de física.

Orientadora: Jackeline del Rosario
Collave García

MACAPÁ- AP

2023

DAVID'S ARIELTO SANTIAGO DE MATOS

PROBLEMÁTICA DO USO DE DIAGRAMAS DE CORPO LIVRE NA SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE MECÂNICA DOS ALUNOS DE ENSINO MÉDIO E ENSINO
SUPERIOR

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal do
Amapá – UNIFAP, como requisito para o
recebimento do título de Especialista em
ensino de física.

Orientadora: Jackeline del Rosario
Collave García

Aprovado em 06 de Agosto de 2023

BANCA EXAMINADORA

Dra. Jackeline del Rosario Collave García (UNIFAP – ESPEFIS)

Dr. Yony Walter Milla Gonzales (UNIFAP – ESPEFIS)

Dr. Robert Maguiña Zamora (UNIFAP – ESPEFIS)

MACAPÁ- AP

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes– CRB-2 / 1569

M433 Matos, David's Arielto Santiago de.

Problemática do uso de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica dos alunos de ensino médio e ensino superior / David's Arielto Santiago de Matos. - Macapá, 2023.

1 recurso eletrônico. 34 folhas.

Monografia (Especialização) - Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Macapá, 2023.

Orientador: Jackeline del Rosario Collave García.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Diagrama de corpo livre. 2. Mecânica newtoniana. 3. Desenhos. I. García, Jackeline del Rosario Collave, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 531

MATOS, David's Arielto Santiago de. Problemática do uso de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica dos alunos de ensino médio e ensino superior. Orientador: Jackeline del Rosario Collave García. 2023. 34 f. Monografia (Especialização) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física . Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

RESUMO

A física é uma ciência que utiliza a matemática para descrever os fenômenos naturais com suas respectivas simplificações, onde existe conceitos elaborados. Para solucionar problemas, os cientistas buscam construir modelos que correlacionem as variáveis associadas aos fenômenos. Na solução de problemas da mecânica newtoniana, utilizamos o recurso denominado de diagrama de corpo livre, que é uma inscrição científica (desenhos) elaborados para representar os vetores das forças que atuam sobre um objeto. Com o uso de vetores, representações e análise matemática do processo, procuramos diagnosticar, por meio de questionários, o conhecimento dos alunos sobre a construção de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica newtoniana.

Palavras-chave: Diagrama de corpo livre; mecânica newtoniana; desenhos.

ABSTRACT

Physics is a science that utilizes mathematics to describe natural phenomena with their respective simplifications, involving elaborate concepts. To solve problems, scientists aim to construct models that correlate the variables associated with these phenomena. In addressing problems in Newtonian mechanics, we employ a tool known as the free-body diagram, which is a scientific representation (diagram) designed to depict the vectors of forces acting on an object. Through the use of vectors, representations, and mathematical analysis, we seek to assess students' understanding of constructing free-body diagrams in solving problems in Newtonian mechanics through questionnaires.

Keywords: Free-body diagram; Newtonian mechanics; diagrams.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA	7
3. OBJETIVOS	7
3.1 OBJETIVO GERAL	7
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	8
4. REFERENCIAL TEÓRICO	8
4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A REPRESENTAÇÃO NA FÍSICA	8
4.2. ELEMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE CORPO LIVRE	8
4.3. FORMULAÇÃO DAS LEIS DE NEWTON	9
4.4. REFERENCIAL INERCIAL	11
4.5. VETORES	12
4.6. SOMA DE VETORES	13
4.7. SUBTRAÇÃO DE VETORES	14
4.8. MULTIPLICAÇÃO DE UM NÚMERO REAL POR UM VETOR	15
4.9. DECOMPOSIÇÃO DE UM VETOR	15
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
6. UMA REPRESENTAÇÃO	18
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
7.1. TESTES ENSINO MÉDIO	20
7.2. TESTES ENSINO SUPERIOR	24
8. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	28
REFERÊNCIAS	31
APÊNDICE A – TESTE NÍVEL MÉDIO	33
APÊNDICE B – TESTE NÍVEL SUPERIOR	34

1. INTRODUÇÃO

A física é uma ciência que utiliza a matemática para descrever os fenômenos naturais com suas respectivas simplificações. Com o advento do método

científico desenvolvido por Galileu Galilei, a linguagem utilizada se aperfeiçoou com o passar do tempo, isto é, a técnica foi melhorada e novas ferramentas, teóricas e experimentais, surgiram. Com as mudanças sociais acompanhada da evolução tecnológica, tornou-se necessário repassar o conhecimento adquirido para a população, afim de formar pessoas aptas e conhecedoras dos conceitos básicos referentes à ciências da natureza e a matemática e que estão diretamente ligados ao cotidiano (Baptista, 2010).

Com a nova reforma do ensino médio e as eventuais mudanças no currículo, é proposto ao aluno que desenvolva competências e habilidades. De acordo com Brasil (2018), o aluno deve desenvolver a competência de utilizar a linguagem própria das ciências da natureza, isto é, ter a habilidade de interpretar gráficos, equações e diferentes linguagens relacionadas. Entretanto, a realidade da sala de aula é outra. O ensino de física no Brasil, de acordo com os dados levantados por Moreira (2018) é um ensino do tipo bancário, com poucas análises sobre os conceitos físicos, acompanhado do déficit no conhecimento matemático. Tais lacunas ficam mais evidentes quando olhamos para exames de grande escala, como por exemplo, o ENEM. O estudo realizado por MARCOM e KLEINKE (2016), sobre distratores nas provas de física exame nacional do ensino médio, eles apontam um conjunto de erros que os candidatos cometem durante a resolução das provas, que permite construir uma matriz de dificuldades que o candidato possui. Ainda dentro desses exames de larga escala, podemos citar o ENADE, que avalia o desempenho dos estudantes do ensino superior e conceitua o curso, além de fornecer um retorno para a instituição quanto aos aspectos que merecem mudança e reflexão, dentro da matriz (Oliveira, 2011).

Nesse sentido, salientamos a defasagem de conhecimento nessas áreas, ora foi observada por professores entre alunos do ensino médio e ensino superior. Dessa forma, nos levou a investigar se os conceitos básicos de física e de matemática associados à construção de diagramas de corpo livre dos problemas de mecânica newtoniana básica, por meio de testes dados para os alunos do ensino médio e ensino superior especificamente pra os ingressantes nos cursos de exatas da UNIFAP e IFAP, afim de diagnosticar essa problemática.

Ao decorrer do trabalho, apresentamos a justificativa, uma breve análise sobre representações no ensino da física, uma revisão sobre conceitos relacionados e os procedimentos metodológicos. Objetivamos diagnosticar e avaliar a qualidade da construção do diagrama de corpo livre.

2. JUSTIFICATIVA

Os cientistas quando se propõem a solucionar problemas, buscam observar as diversas variáveis de um dado fenômeno, seja experimental ou teórico. Assim constroem modelos, uma representação daquilo que foi observado e verificado. Com as devidas simplificações nasce a explicação do fenômeno. Os físicos, em geral, por exemplo, utilizam equações, diagramas, gráficos e esboços. Essa diversidade de representações permite que problemas que advêm de observações, sejam esquematizados e respondidos e apresentados para a comunidade.

No ensino de física, os professores geralmente apresentam os conteúdos de um assunto através de conceitos, princípios e leis gerais, depois mostram os métodos de soluções de problemas utilizando equações, gráficos e diagramas que auxiliam na solução de um problema em particular.

Nas soluções de exercícios de dinâmica newtoniana, o uso de um sistema de referência inercial adequado é necessário para que possamos decompor as forças que atuam sobre um corpo (diagrama de corpo livre) e dessa maneira possamos equacionar adequadamente as leis de Newton de tal forma que a solução do movimento do corpo seja correta.

No entanto, é comum observar em alunos concluintes de ensino médio e calouros dos cursos das universidades muita deficiência na construção dos diagramas de corpo livre para solução de problemas de dinâmica. É nesse sentido que desenvolvemos o nosso trabalho de conclusão de curso diante dessa problemática, fazendo um diagnóstico, tanto nas escolas de ensino médio quanto nos estudantes do ensino superior, especificamente dos cursos de exatas da UNIFAP/IFAP, na disciplina de física básica 1, propondo recomendações e uma metodologia adequada para solucionar essa problemática.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar, por meio de questionário, o uso do diagrama de corpo livre nos problemas apresentados no teste para os níveis de ensino médio e superior.

3.2 Objetivo específico

Diagnosticar a qualidade do uso de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica em três níveis: básico, médio e difícil.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Considerações sobre a representação na física

Diferentes recursos didáticos são utilizados por professores para apresentar conceitos que nascem da física para os alunos. Tais recursos podem ser fotografias, esquemas, desenhos, vídeos ou simulações. Treagust (2018, p.215) afirma que é necessária uma completa compreensão de um dado conceito pois cada conceito pode ser representado por diferentes níveis de abstração.

Um dos recursos mais utilizados no mundo científico são os desenhos. Silva (2021, p.35) afirma que os desenhos são importantes pois é utilizado para ensinar o vocabulário científico e abstrato, nos primeiros momentos de apresentações, de fenômenos físicos tangíveis e intangíveis. A visualização é parte integrante do pensamento científico e os desenhos fazem parte de uma estratégia de aprendizagem que ajuda os alunos a superar limitações e organizar seu conhecimento de forma eficaz (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011, p.1097)

Na física, os desenhos são utilizados para representar um fenômeno. Quando o assunto sobre dinâmica newtoniana é abordado, utilizamos um recurso denominado diagrama de corpo livre e comumente simplificado pelas iniciais DCL. Um diagrama de corpo livre é uma representação utilizada por físicos para simbolizar processos que envolvem grandezas vetoriais (ROSEGRANT; VAN HEUVELEN; ETKINA,2005). Diagramas de corpo livre é uma forma de linguagem. Kitel, Knight e Ruderman (1970, p.25) afirmam que a linguagem é um componente importante do pensamento abstrato. A linguagem visual associada à linguagem matemática para explicar as interações observadas na natureza é consolidado no pensamento lógico para solucionar problemas.

4.2. Elementos para a construção do diagrama de corpo livre

Ao construir um diagrama de corpo livre de um determinado problema, é preciso conhecer as leis do movimento, a concepção do conceito de referencial além de saber manipular vetores. Apresentaremos de forma compacta tais tópicos a seguir.

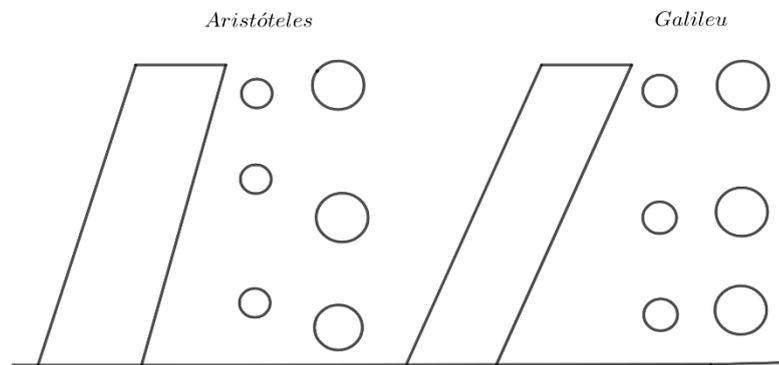
4.3. Formulação das leis de Newton

Para resolver problemas de mecânica newtoniana é preciso conhecer alguns elementos e conceitos que compõem a linguagem utilizada por físicos para a solucioná-los. Os princípios que regem o movimento de um corpo foram fundamentos por Galileu Galilei (1542 – 1642) e posteriormente enunciados por Isaac Newton (1643 – 1727) em sua célebre obra “Os princípios matemáticos da filosofia natural”, publicado em 1678, onde foram apresentadas as leis do movimento, mas a ideia geral sobre o que é o movimento era fundamentada por Aristóteles.

O pensamento aristotélico, predominante na época, acreditava que todos os movimentos ocorressem devido à natureza do objeto movido ou devido a empurrões ou puxões. Uma vez que o objeto se encontra no lugar apropriado, ele não se moverá a não ser que seja obrigado por uma força externa (HEWITT, 2023). A predominância dessa linha de pensamento durou por dois milênios. Após Copérnico questionar o movimento da terra, Galileu Galilei apontou inconsistências na concepção de movimento construídas por Aristóteles.

Galileu Galilei a partir do estudo desenvolvido sobre o fenômeno da queda de corpos, passou a refutar as hipóteses de Aristóteles. Por meio de testes, mostrou que corpos de diferentes massas, quando abandonados, chegam no chão ao mesmo tempo (figura 4.1).

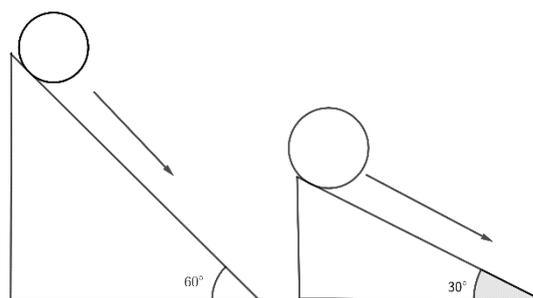
Figura 4.1- Queda dos corpos



Fonte: Autor (2023)

Ao buscar a explicação de como as coisas se movem ao invés de por que se movem, o objeto de estudo passou a ser o rolamento dos corpos em planos inclinados como exibe figura 4.1. O pensamento de Aristóteles só levava em conta aquilo que era observável na natureza. Para ele, a existência do vácuo era inconcebível, daí a necessidade de sempre empurrar ou puxar um corpo para mantê-lo em movimento. Ao negar essa afirmação, Galileu estudou o rolamento dos corpos em planos inclinados com diferentes declives. Quanto maior for a inclinação (ver figura 4.2), o corpo se tornava mais veloz; quanto menor for a inclinação, o corpo atingia menores velocidades.

Figura 4.1 - Rolamento do corpo



Fonte: Autor (2023)

Ao observar esse comportamento, notou que a bola atingiria o repouso, por conta do atrito. Ao trocar as superfícies por mais lisas, o movimento durava mais tempo. Percebeu que na ausência de forças opositoras, o movimento permaneceria indefinidamente. Nasce a partir daí a ideia de inércia, isto é, um corpo tende a permanecer em movimento.

O experimento de Galileu Galilei permitiu chegar numa importante conclusão: a força constante aplicada sobre um corpo, obtemos uma aceleração constante e não uma velocidade constante (Ferreira, 2004). A contrariedade ao pensamento aristotélico e o resultado deste experimento mostrou o início do método científico. Era preciso elaborar hipóteses, testá-las e tirar uma conclusão.

Além da queda dos corpos, Galileu estudou como um corpo pode se comportar ao sofrer ação de duas forças, o que resultou no estudo da balística e em como controlar disparos. Tais resultados proporcionaram a base para a formulação da mecânica newtoniana.

Com a formulação do conceito de inércia, Newton passou a fazer um refino na nova concepção. Numa formulação contemporânea, as leis do movimento, descritas por Isaac Newton, podem ser enunciadas da seguinte forma:

LEI 1 – Todo corpo persiste em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme a menos que seja compelido a modificar este estado pela ação de forças sobre ele.

LEI 2 – A soma das forças que atuam sobre um corpo é igual ao produto de seu coeficiente de inércia pela sua aceleração:

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (1)$$

LEI 3 – A toda ação que um corpo exerce sobre um segundo corpo, corresponde uma reação do segundo sobre o primeiro de mesma intensidade e sentido oposto.

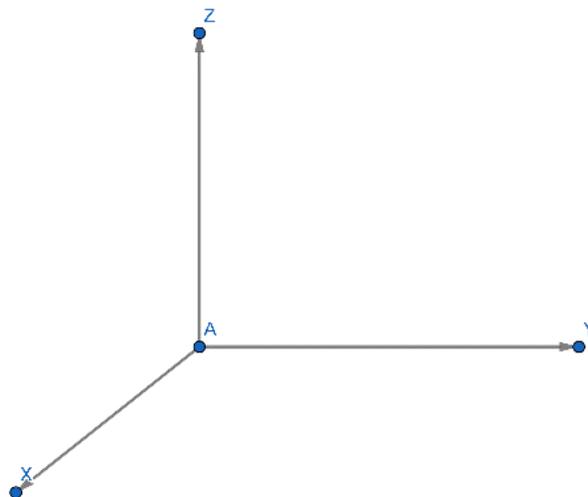
É de conhecimento geral que esses princípios se completam entre si e se sustentam. Essas três leis conseguem descrever, com grande sucesso, um conjunto grande de sistemas físicos. É válido lembrar que existe uma escala onde é determinado o regime de validade das leis de Newton, isto é, é possível descrever os fenômenos numa escala microscópica e de baixas velocidades (ANTUNES; GALHARDI; HERNASKI, 2018)

4.4. Referencial Inercial

Para estudar qualquer fenômeno físico é preciso adotar um referencial. De acordo com Frezza (2011) ao escolhermos um referencial, podemos analisar o movimento e estudar os conceitos associados ao movimento. Um referencial serve para localizar a posição de um corpo no espaço. Ao adotarmos um referencial, podemos localizar a posição, calcular o ponto que ele ocupa em dois instantes de tempo e assim calcular sua velocidade. Se tal corpo sofre variação de velocidade, podemos calcular sua aceleração conseqüentemente sua força e sua massa.

Para estabelecer o referencial utilizamos o conceito matemático de sistema de coordenadas. O sistema de coordenadas comumente utilizado é o sistema de coordenadas cartesiana tridimensional (plano xyz) e que pode ser representada da seguinte forma:

Figura 4.4 - Sistema de coordenadas cartesianas



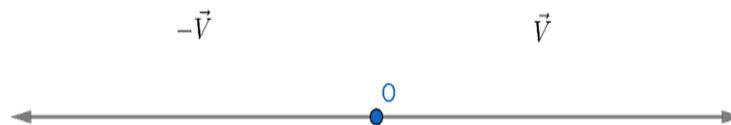
Fonte: Autor (2023)

Ainda quando tratamos de referencial, estudamos o conceito de referencial inercial. Definimos um referencial em um sistema de coordenadas e um conjunto de relógios que permita que o observador possa medir posição, velocidade e aceleração do seu sistema. As leis de Newton são válidas apenas para referenciais inerciais, isto é, neste conjunto de referenciais, todos os observadores mediriam a mesma aceleração para uma partícula em movimento retilíneo uniformemente variado (Frezza, 2011).

4.5. Vetores

O estudo dos vetores tem grande importância na descrição de sistemas físicos. No ensino médio e nos cursos básicos universitários, o contato com vetores se dá de forma elementar, associando-os a grandezas físicas que necessitam de módulo, direção e sentido. Um vetor, em termos matemáticos, é um seguimento de reta orientado. Para Menon (2009) nesse contexto, um vetor é geometricamente representado como uma seta (figura 4.5) a partir de uma origem e com os sinais algébricos definidos:

Figura 2.5 - Vetor geométrico



Fonte: Autor (2023)

Dentro desse espectro, ainda podemos definir o vetor unitário e o vetor nulo, respectivamente:

$$|\vec{0}| = 0 \quad (2)$$

e

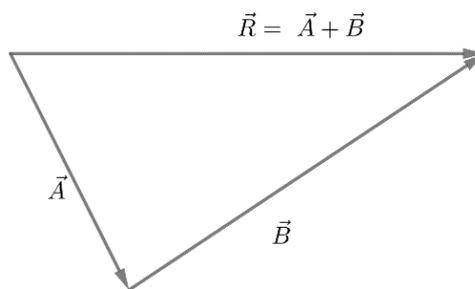
$$|\vec{a}| = 1 \quad (3)$$

Ainda dentro dos vetores, podemos considerar as operações matemáticas a essas entidades. Veremos a seguir os resultados.

4.6. Soma de vetores

Consideramos dois vetores. Tomando o seguimento do primeiro vetor com o segundo, de forma que sejam consecutivos. Ligando a origem do vetor \vec{A} com a origem do vetor \vec{B} , obtemos o vetor resultante \vec{R} :

Figura 4.6 - Soma de vetores



Fonte: Autor (2023)

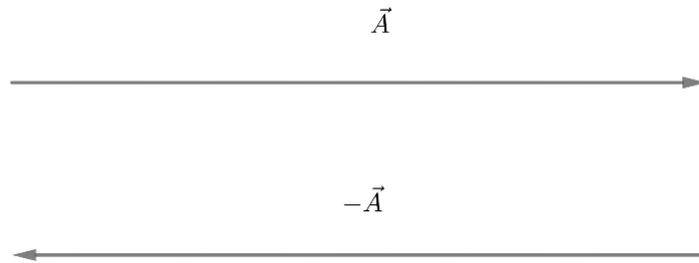
Dentro dessa operação, podemos notar alguns casos particulares:

- a) Vetores de mesma direção e sentido
- b) Vetores de mesma direção e sentido opostos

4.7. Subtração de vetores

O conceito de vetor oposto adquire uma importância nessa operação. Ao considerarmos um vetor \vec{A} não nulo, o vetor oposto de \vec{A} é o vetor que tem o mesmo módulo e a mesma direção porém com o sentido oposto. O vetor oposto é representado por $-\vec{A}$. A sua representação geométrica:

Figura 4.7.1 - Subtração de vetores



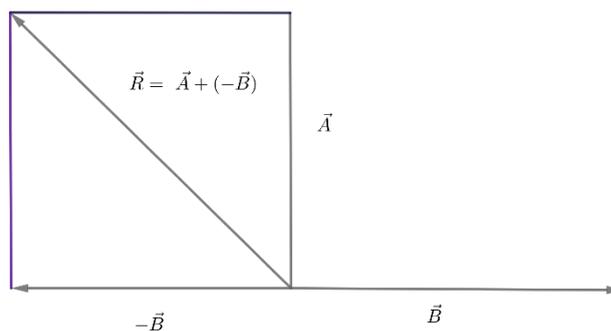
Fonte: Autor

Se considerarmos dois vetores \vec{A} e \vec{B} , a diferença de vetores é definida como:

$$\vec{R} = \vec{A} + (-\vec{B}) \quad (4)$$

e geometricamente:

Figura 4.3.2 - diferença de vetores



Fonte: Autor

4.8. Multiplicação de um número real por um vetor

Se considerarmos um número real k diferente de zero e um vetor \vec{A} diferente do vetor nulo, o produto de k por \vec{A} é um vetor \vec{D} cujas características são:

$$a) |\vec{D}| = |k| \cdot |\vec{A}|$$

b) A direção de \vec{D} é a mesma de \vec{A}

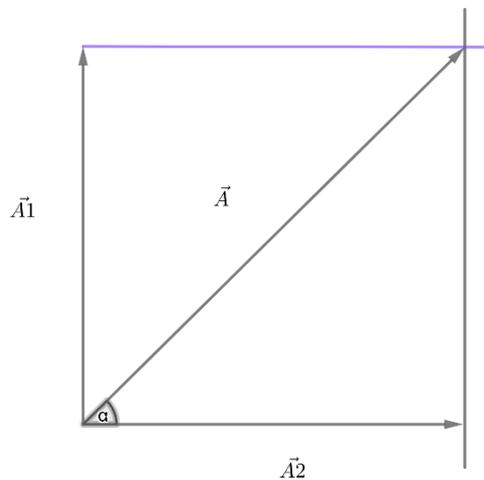
4.9. Decomposição de um vetor

Consideraremos um vetor \vec{A} , não nulo, que pode ser decomposto em dois vetores perpendiculares, isto é:

$$\vec{A} = \vec{A}_1 + \vec{A}_2 \quad (5)$$

e geometricamente:

Figura 4.9 - vetor decomposto



Fonte: Autor

e os respectivos módulos de cada um dos componentes:

$$|\vec{A}_1| = A \sin \theta \quad (6)$$

e

$$|\vec{A}_2| = A \cos \theta \quad (7)$$

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No presente trabalho, realizamos uma pesquisa de caráter quantitativo e qualitativo. Procuramos analisar, por meio de testes, como se dá a construção do diagrama de corpo livre na solução de problemas da mecânica newtoniana a nível médio e superior. Quanto a amostragem, realizamos a pesquisa entre os alunos do ensino médio das escolas de Macapá e entre alunos do ensino superior do departamento de ciências exatas da UNIFAP e IFAP que cursaram a disciplina de física básica 1. Construímos dois testes direcionados para cada nível de ensino, e cada teste é composto por cinco questões de dinâmica, que trata sobre a interação de corpos.

Baseado nas respostas dos testes, tanto para o nível médio como para o nível superior, para avaliar as questões solucionadas, utilizaremos as rubricas de avaliação adaptadas por Vaz e Farias (2019) e que foram criadas por Eugenia Etkina e *Rutgers Physics and Astronomy Education* (2018). Em termos gerais, as rubricas de avaliação foram construídas para observar as habilidades e conhecimentos de tarefas realizadas por estudantes. Utilizaremos a tabela a seguir para avaliar a solução dos problemas que foram propostos aos alunos. As respostas de cada questão dos testes se encaixarão em umas das classificações a seguir:

Quadro 1: Rubrica para avaliação dos DCLs adaptada por Etkina e PAER (2018)

0	O aluno não construiu o diagrama de corpo livre para solucionar o problema
1	Diagrama apresenta erros primários: representação de forças inexistentes ou de forças com módulo, direção e sentido incorretos ou não representou a força corretamente.
2	Diagrama com vetores corretamente representados, mas apresenta ausência ou erros na identificação das forças (letra com seta para indicar a força e índices para identificar o agente e o paciente da força). Incluem-se aqui os casos em que vetores não são desenhados a partir do ponto que representa o objeto de interesse.
3	Diagrama com todas as forças adequadamente representadas: Indicação correta do módulo, direção e sentido das forças; Identificação adequada

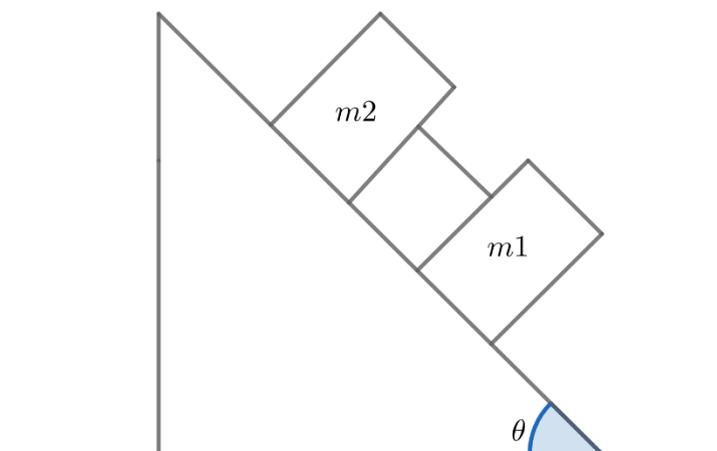
	das forças de modo a informar claramente o tipo de força, quem exerce a força e sobre quem a força está aplicada.
4	Equacionar de forma correta com base no diagrama.
5	Solucionar o problema corretamente.

Fonte: Autor (2023)

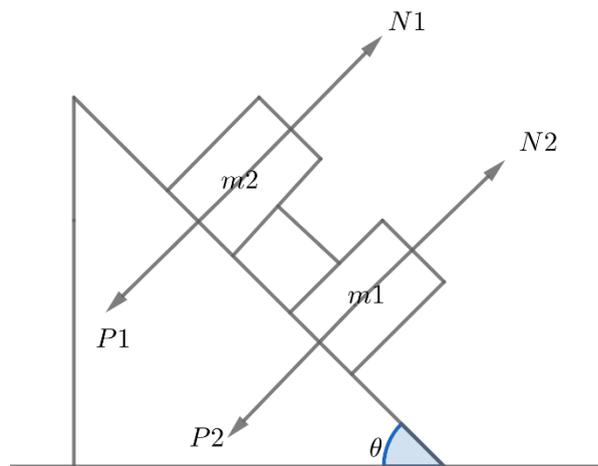
6. UMA REPRESENTAÇÃO

Para seguir o modelo de avaliação baseado na rubrica e considerar os aspectos relacionados a proposta de trabalho. Nesse sentido, apresentaremos um exemplo básico de problema sobre dinâmica e sua solução:

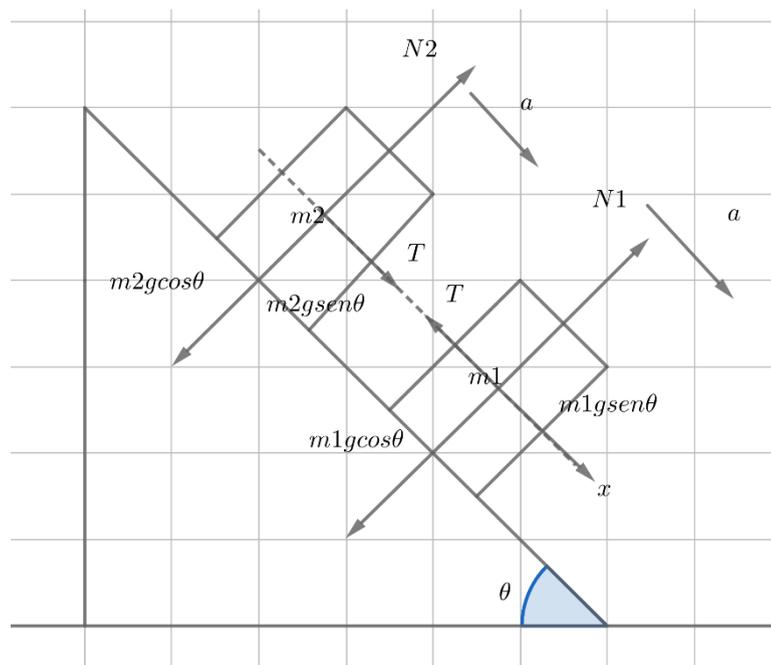
Problema 1: *Os dois blocos da figura de massas $m_1 = 1\text{kg}$ e $m_2 = 2\text{kg}$ escorregam sobre um plano inclinado sem atrito. Calcule a tensão na corda que une os blocos.*



Resolução: *construindo o diagrama de corpo livre dos blocos, representamos as forças que atuam no sistema:*



Decompondo a força peso e representando as demais componentes, obtemos



Equacionando as expressões para cada bloco. Para o bloco m1:

$$\sum F_x = m_1 a. \quad (8)$$

temos:

$$m_1 g \sin \theta - T = m_1 a. \quad (9)$$

e para o bloco m2:

$$\sum F_x = m_2 a. \quad (10)$$

temos:

$$T + m_2 g \sin \theta = m_2 a \quad (11)$$

Somando as expressões (9) e (11):

$$(m_1 + m_2)g \sin \theta = (m_1 + m_2)a \quad (12)$$

Simplificando as expressões, obtemos a aceleração:

$$a = g \sin \theta \quad (13)$$

Substituindo Eq. 13 na expressão (11) temos que:

$$T + m_2 g \sin \theta = m_2 g \sin \theta \quad (14)$$

e encontramos T que é:

$$T = 0 \quad (15)$$

Ao observarmos a solução deste pequeno problema, podemos notar os elementos que o constituem; entender o conceito de referencial para definir o movimento, compreender e aplicar corretamente a ideia de vetor nos conceitos físicos aliado ao conhecimento matemático. Tais elementos serão observados nas respostas dos testes aplicados.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes realizados entre os alunos do ensino médio e superior buscou analisar a construção do diagrama de corpo livre na solução de problemas de mecânica básica. Ao observar as construções dos diagramas, podemos diagnosticar problemas relacionados e propor soluções.

Para avaliar as respostas, nós utilizamos as rubricas de avaliação, apresentado no Item 5 do quadro 1, que classificam as respostas de 0 a 5, sendo 0 a classificação onde o aluno não utilizou o diagrama para construir o problema e 5 onde o aluno construiu e solucionou o problema corretamente.

7.1. Testes ensino médio

O teste aplicado aos alunos do nível médio abrange questões que exigem o conhecimento básico de álgebra e geometria, além do conhecimento conceitual de

física. No teste aplicado (ver ANEXO A) dispomos de quatro questões. Na primeira questão, pedimos para construir o diagrama das forças que atuam no corpo em movimento; na segunda, solicitamos para construir o diagrama que resulta da interação de dois corpos; na terceira questão, calcular a tração que une dois corpos e na quarta questão, pedimos para esquematizar as forças que agem no bloco sobre um plano inclinado.

Ao todo, foram respondidas 47 questões, com a participação de 25 alunos do nível médio, onde responderam ao menos uma questão do teste. Com base nas rubricas de avaliação adaptadas para o teste, organizamos as notas por quantidades de alunos, apresentada na tabela a seguir:

Tabela 7.1.1 - Notas de acordo com a rubrica / nível médio

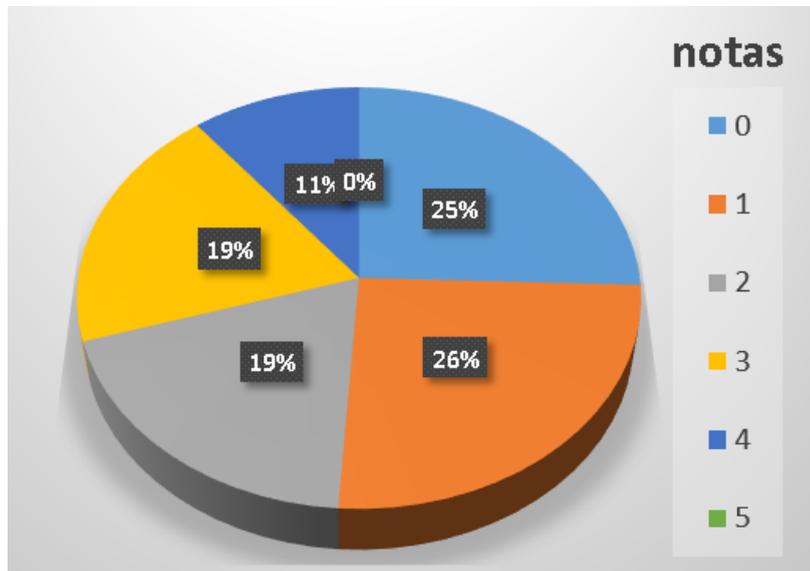
Notas de acordo com as rubricas	Quantidade de questões
0	12
1	12
2	9
3	9
4	5
5	0

A tabela 7.1.1 apresenta as notas das rubricas pela quantidade de questões. Para cada nota dada às questões, foram utilizadas as rubricas de avaliação adaptadas para o teste, além de mostrar de como se deu a distribuição. Utilizando a estatística descritiva, para uma melhor análise dessa amostra, calculamos a frequência, média e desvio padrão. Os resultados estão exibidos na tabela 7.1.2:

Tabela 7.1.2 - Dados do teste nível médio

<i>Notas (x)</i>	<i>Frequência</i>	\bar{x} (<i>m</i>)	<i>S(desvio p)</i>
0	12	1,6	1,34
1	12		
2	9		
3	9		
4	5		
5	0		
	$\Sigma = 47$		

Figura 7.1.1 - Distribuição percentual de notas



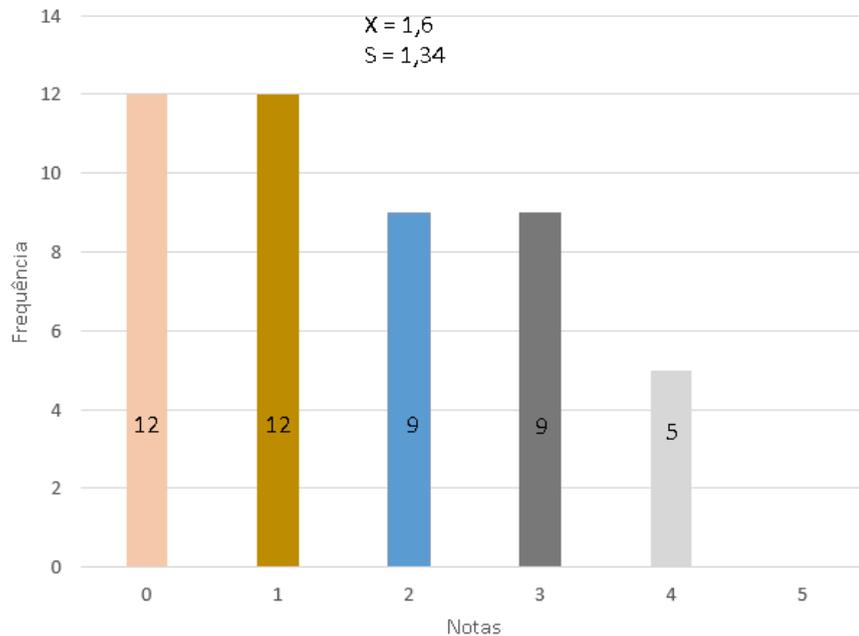
Fonte: Autor

Com base dos dados que analisamos podemos observar a distribuição percentual das notas na figura 7.1.1. A parte que representa 25% dos alunos solucionaram os problemas sem construir o diagrama de corpo livre e sem construir o referencial. 26% dos alunos (representada pela cor alaranjada) construíram os diagramas de forma incorreta, sem representar de forma clara qual força estava apresentada e não solucionaram o problema.

A parte que representa 19% (rubrica 2) dos alunos, aponta que os alunos construíram o diagrama, mas não equacionaram de forma correta, o que ocasionou em erros da solução. A quantidade de 19% (rubrica 3) representa o grupo de alunos que construíram o diagrama corretamente, aplicaram as leis de Newton e equacionaram coerentemente. Os 11% (rubrica 4) dos alunos, construíram o diagrama corretamente e equacionaram de forma certa, porém cometeram erros algébricos. Nenhum percentual de notas dos alunos atingiu rubrica 5.

Ao aplicarmos o teste no nível médio, notamos que as habilidades e competências no campo da matemática e suas tecnologias junto com a área ciências da natureza e suas tecnologias, não foram desenvolvidas. Além disso, é notório o desnível de conhecimentos entre os alunos. Como retrata a figura 7.1.2, a verificação das notas relacionadas com a frequência, ou seja, as vezes que repete mais as notas.

Figura 7.1.2 - Frequência de notas



Fonte: Autor (2023)

Observamos uma não-uniformidade nos resultados. Como consequência, observamos um desvio padrão considerado alto, como mostra a tabela 7.1.2 e a figura 7.1.2. Essa dispersão de dados possui diversas variáveis para explicar. Com base no que foi observado dos testes, dentro dos parâmetros das rubricas, notamos que os alunos não possuem conhecimento de álgebra básica e desconhecem o conceito de vetores. Além desse resultado, muitos alunos alegaram não conhecer de forma clara as leis de Newton.

As questões do teste (ver anexo A) do nível médio foram classificadas como: fácil, médio e difícil. Organizamos na tabela 7.1.3:

Tabela 7.1.3

Questões	Nível de dificuldade	Quantidades de respostas
Questão 1	Fácil	17
Questão 2	Médio	12
Questão 3	Médio	11
Questão 4	Difícil	7

Observamos que a questão 1 é uma questão considerada elementar. Pede-se para que o aluno construa o DCL de uma bolinha no ponto mais alto da trajetória parabólica e teve mais alunos que se dispuseram a resolvê-la. Em contraste com a questão 4, onde é solicitado que calcule as forças atuantes no plano inclinado, onde ocorre um baixo número de alunos que se propuseram a resolver, pois é uma questão que requer um conhecimento refinado da matemática básica.

7.2. Testes ensino superior

O teste aplicado aos alunos do nível superior contém questões que exigem um conhecimento básico dos elementos citados no tópico anterior. No teste (ver ANEXO B) dispomos de quatro questões. Na primeira questão pedimos para encontrar o vetor aceleração do sistema; na segunda, pedimos para que o aluno encontre a tensão na corda e a aceleração das massas; na terceira, solicitamos a determinação do ângulo de posição relativa da partícula e na última questão é encontrar a altura que um bloco alcança ao interagir com o sistema massa-mola.

De todos os participantes foram 32 que contribuíram para o teste e resolveram ao menos uma questão, totalizando um total de 53 questões resolvidas. Utilizando as rubricas de avaliação, avaliamos as respostas e organizamos os dados com as respectivas notas por questões resolvidas:

Tabela 7.2.1 - Notas de acordo com as rubricas / ensino superior

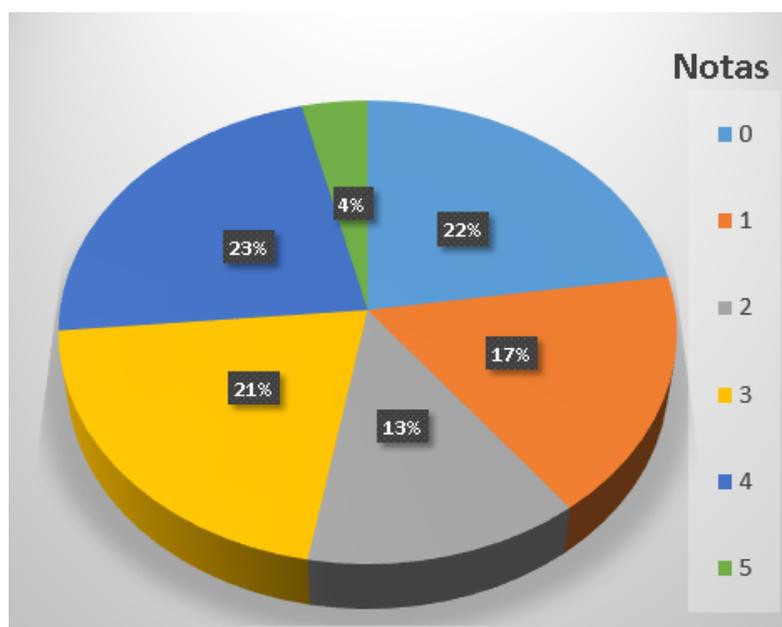
Notas de acordo com as rubricas	Quantidade de alunos
0	12
1	9
2	7
3	11
4	12
5	2

A tabela 7.2.1 apresenta as notas de acordo com as rubricas e a quantidade de questões resolvidas que se encaixaram em cada nota. Para cada nota dada, foram utilizadas as rubricas de avaliação adaptadas para o teste. Além disso, nos mostra como se deu a distribuição. Utilizando a estatística descritiva, para uma melhor análise dessa amostra, calculamos a frequência, média e desvio padrão. Os resultados exibidos na tabela 4:

Tabela 7.2.2 - Dados estatísticos de notas, frequência, media e desvio

Notas (x)	Frequência	\bar{x} (m)	S (desvio p)
0	12	2,2	1,6
1	9		
2	7		
3	11		
4	12		
5	2		
	$\Sigma = 53$		

Figura 7.2.1 - distribuição percentual



Fonte: Autor (2023)

A distribuição percentual do gráfico (figura 7.2.1) nos mostra a classificação dos alunos de acordo com as rubricas de avaliação. A classificação mostrou que 22% dos alunos não construíram o diagrama para solucionar o problema, isto é, dentro da avaliação a nota é zero. Além da falta do DCL, a inexactidão da definição

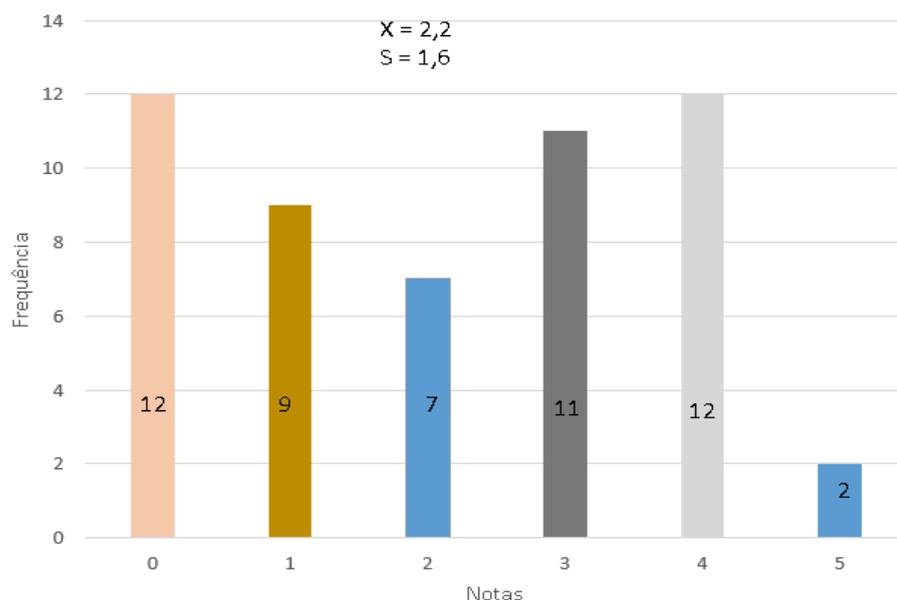
de referencial e a aplicação da segunda lei de Newton equivocadamente levou a um equacionamento incorreto. Os 17% dos alunos participantes se encaixam na nota um; é notório que eles possuem noção do que seja um vetor como representação de uma grandeza física; porém representam de forma incorreta ao construir o DCL. Na faixa que representa 13% dos alunos que tiraram nota dois, podemos inferir, de acordo com a rubrica de avaliação e o que foi observado, que eles possuem um conhecimento básico sobre vetores, representam de forma correta no referencial, mas apresenta erros básicos ao representá-los na forma algébrica.

O setor que representa 21% dos alunos com nota três nos permite identificar que os alunos construíram corretamente o diagrama de acordo com o referencial, utilizaram a composição de vetores corretamente para representar as forças que atuam no sistema, equacionaram com base no diagrama, mas não desenvolveram a solução do problema. A parte que representa 23% dos alunos com nota quatro, mostra que os estudantes possuem habilidades desenvolvidas, porém apresentaram erros ao manipular algebricamente as equações.

O último setor 4% do gráfico, representa os alunos com nota cinco, indicando que os discentes construíram corretamente a DCL, equacionaram com base no diagrama e manipularam as equações corretamente.

Essa amostra de dados nos revela pontos que são discutidos no ensino e aprendizagem nas áreas de ciências da natureza, em especial a física. Podemos olhar esses dados da seguinte forma, explicitados na figura 7.2.2:

Figura 7.2.2 - Distribuição de notas



Fonte: Autor (2023)

Observamos a distribuição de notas cujo desvio padrão da média é 1,6. Esse desvio padrão é considerado alto, e mostra que uma parte considerável dos participantes não desenvolveram as habilidades necessárias para solucionar um problema que envolve a construção de DCL.

As questões do teste do nível superior (ver Anexo B) foram classificadas como: fácil, médio, difícil. Organizamos na tabela 7.2.3:

Tabela 7.2.3

Questões	Nível de dificuldade	Quantidades de respostas
Questão 1	Fácil	25
Questão 2	Médio	17
Questão 3	Médio	6
Questão 4	Difícil	5

A questão 1 do teste do nível superior (ver Anexo B) pedimos para que o aluno encontre o vetor aceleração de um sistema de blocos ligados por um fio. É uma questão dita clássica e muitos alunos possuem familiaridade, uma vez que 25 alunos se disponibilizaram para responder. De forma oposta, a questão 4 é considerada difícil porque requer um conhecimento mais aprofundado das leis de Newton e suas relações matemáticas.

Um ponto importante para ressaltar, é que os alunos são ingressantes nos cursos de exatas das instituições de ensino superior e os alunos de ensino médio, os quais fazem parte dos alunos que concluíram os estudos durante a pandemia do Sars-Cov-2. As medidas de proteção e prevenção adotadas, causou a interrupção das aulas de forma presencial e mostrou o déficit educacional no sistema brasileiro (DA SILVA, et al, 2021).

Os dados recolhidos foram analisados com base nas rubricas (Quadro 1), nos mostram que os alunos possuem um déficit, como podemos ver a distribuição de notas na figura 7.1.1 (nível médio) e na figura 7.2.2 (ensino superior). Esse baixo percentual obtido nos testes pode ser consequência da situação causada pela pandemia e juntamente com outros problemas estruturais, o que prejudicou o ensino e aprendizagem do aluno.

As aulas remotas foram propostas, tanto para o nível médio quanto para o ensino superior, como forma de ajudar a dar continuidade no processo de formação que já possuía lacunas. A forma de ensinar via plataformas criou um novo paradigma no ensino, mas reproduziu o mesmo comportamento das aulas no encontro presencial; professores transmitem informações e orientações para alunos que nem sempre conseguem acompanhá-lo (ALVES, 2020).

Um outro ponto que afetou o ensino de física, na transição do ensino médio para o ensino superior, foi as reformas do ensino médio. Com a redução da carga do componente curricular e a inserção dos itinerários formativos, eletivas e projeto de vida, o aluno acabou por ficar perdido dentro do ambiente escolar. De acordo com Gonzaga (2022) o processo de implementação tem gerado problemas e sua estrutura organizacional não mudou. O tempo de aula que já era escasso, força o professor a “enxugar” o conteúdo em detrimento de outros. Sem a base necessária, quando o aluno ingressa no ensino superior, encontra dificuldades para sanar as lacunas que foram construídas durante seu percurso escolar.

Já no ensino superior, os desafios são maiores. Formar profissionais que pensam de forma crítica, unindo a teoria e a prática e propondo soluções e ideias para as demandas do presente século. Mas como formar profissionais que possuem lacunas desde a sua formação básica? Segundo Moreira (2018), no processo de ensino, o aluno deve ser o centro de todo o processo; isto é, fugir da passividade. Deve apresentar-se para construir seu conhecimento, com as devidas orientações do professor.

8. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Em concordância com o que propomos nesta pesquisa, buscamos diagnosticar a qualidade dos diagramas de corpo livre. Verificamos, a partir dos resultados obtidos dos testes aplicados, tanto no ensino superior quanto no ensino médio e tendo como forma de avaliar as questões resolvidas as rubricas adaptadas, inferimos que há uma falta de qualidade na construção dos diagramas.

No nível médio, nota-se que há uma falta de base conceitual e matemática sobre vetores e as leis de Newton. Os alunos que participaram do teste relataram que estudaram sobre o assunto, leram, mas não souberam aplicar no teste. Uma parte significativa optou por não participar, alegando que não conheciam o assunto e outros que admitiram conhecer de forma superficial.

Entre os alunos do ensino superior, os alunos demonstraram ter um conhecimento razoável sobre a construção de DCL's e seus conceitos envolvidos. Entretanto, cometem equívocos, tanto na definição de referencial quanto na construção da equação que rege o movimento.

O teste foi aplicado de forma escrita com a intencionalidade de observar o aluno, como se dá a construção lógico-matemática para a solução de um problema proposto, suas habilidades e competências desenvolvidas e os pontos onde eles não foram satisfatórios em resolver as questões do teste. Podemos elencar alguns pontos observados, de forma geral, nos dois níveis de ensino:

- Dificuldades em definir o referencial;
- Falta de conhecimento conceitual sobre as leis de Newton;
- Dificuldades na manipulação algébrica e geométrica dos vetores;
- Dificuldades em interpretar um resultado no sentido físico;
- Dificuldades em representar as forças atuantes ao construir os DCL's.

Sob a luz do que diz Moreira (2017) é preciso mudar a forma que se ensina e se aprende. Possivelmente, ao inserirmos diferentes elementos nas aulas, podemos aproximar o aluno do componente curricular. Segundo essa concepção, ao construirmos uma aula com atividades práticas, utilizando materiais de baixo custo para reproduzir um efeito físico motivador, onde o aluno verifica a aplicação dos conceitos teóricos. A inserção das TIC's, adicionar aspectos históricos e epistemológicos que envolve determinado componente curricular, onde os alunos

são o centro e passam a se questionar sobre o que está sendo apresentado, é um caminho promissor para a melhora dos índices de aproveitamento dos estudos. Também uma forma de melhorar o ensino e fugir da mecanização, é usar palestras sobre temas atuais, proporcionar oficinais sobre os assuntos que os estudantes possuem dificuldades.

Como proposta de atividade é importante salientar que é necessário e previsto dentro da Base Nacional Comum Curricular e do Parâmetro Curricular Nacional, que os alunos aprendam a utilizar as equações, demonstrações e os símbolos matemáticos. Desenvolver projetos práticos sem perder a essencialidade do componente curricular, permite que os alunos observem a aplicação do que é estudado.

O presente estudo, expôs, através do teste aplicado, como é preciso aplicar mudanças estruturais, teóricas e práticas no ensino de ciências e seus impactos na aprendizagem e no desenvolvimento da educação.

9. REFERÊNCIAS

AINSWORTH, Shaaron; PRAIN, Vaughan; TYTLER, Russell. Drawing to learn in science. **Science**, v. 333, n. 6046, p. 1096-1097, 2011.

ALVES, Lynn et al. Educação remota: entre a ilusão e a realidade. **Interfaces Científicas-Educação**, v. 8, n. 3, p. 348-365, 2020.

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

BAPTISTA, Geilsa Costa Santos. Importância da demarcação de saberes no ensino de ciências para sociedades tradicionais. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 03, p. 679-694, 2010.

DA SILVA, Michelli Domingos et al. Coronavírus: consequências da pandemia no ensino superior. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 5, p. e7120-e7120, 2021.

ETKINA, E.; PAER. Rubric A: Ability to represent information in multiple ways. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/scientificabilities/rubrics>>. 2018

FARIA, Alexandre Fagundes; VAZ, Arnaldo. Qualidade de diagramas de corpo livre e experiências educativas em aulas de física. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2019.

FERREIRA, Ricardo Bruno. Galileu e a sua importância epistemológica. **Millenium**, p. 162-167, 2004.

FREZZA, Júnior Saccon. Noções de referencial inercial: um estudo de epistemologia genética com alunos de física. 2011.

GONZAGA, Matheus. Reforma do ensino médio e BNCC: implicações para o ensino de Física. 2022.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Bookman Editora, 2023.

KITTEL, C.; KNIGHT, W. D.; RUDERMAN, M. A. Mecânica: curso de física de Berkeley. 1970.

MARCOM, Guilherme Stecca; KLEINKE, Maurício Urban. Análises dos distratores das questões de Física em Exames de Larga Escala. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 72-91, 2016.

MENON, M. J. Sobre as origens das definições dos produtos escalar e vetorial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, p. 2305.1-2305.11, 2009.

MOREIRA, Marco Antônio. Ensino de Física no século XXI: desafios e equívocos. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 3, p. 80-94, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do professor de física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.

OLIVEIRA, Gláucia Lamarca Lucas de. Reflexos do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade): na gestão acadêmica dos cursos de física, geografia, história e química. 2011.

RONCAGLIO, Viviane; NEHRING, Cátia M.; BATTISTI, Isabel K. O CONCEITO VETOR NA DISCIPLINA DE MECÂNICA GERAL I DE CURSOS DE ENGENHARIA.

ROSENGRANT, David; VAN HEUVELEN, Alan; ETKINA, Eugenia. Free-Body Diagrams: Necessary or Sufficient?. In: **AIP Conference proceedings**. **American Institute of Physics**, 2005. p. 177-180.

SILVA, Jônatas Oliveira Machado da. **A importância do desenho no ensino de Física: investigando a influência dos desenhos, como uns dos atuadores na memória e aprendizagem**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

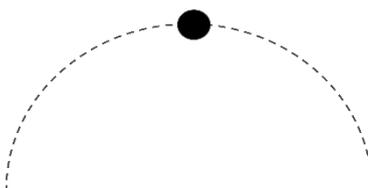
TREAGUST, David F. The importance of multiple representations for teaching and learning science. **Education research highlights in mathematics, science and technology**, p. 215-222, 2018.

APÊNDICE A – Teste nível médio

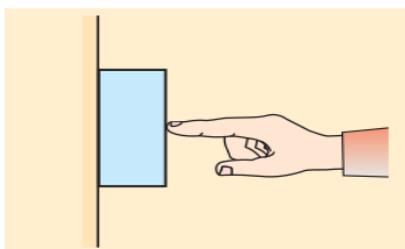
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE
FÍSICA

Questionário referente à pesquisa intitulada “Sobre a construção de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica no ensino médio e superior.

1) Uma bolinha realiza um movimento parabólico. Tendo a imagem como base, qual será o diagrama de corpo livre da bolinha no ponto mais alto?

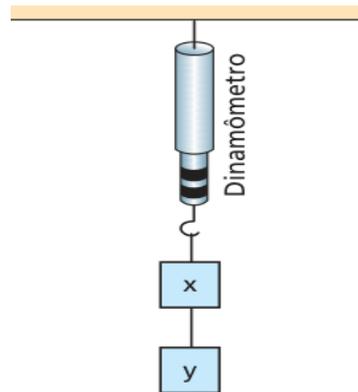


2) Um homem comprime uma caixa contra uma parede vertical, aplicando-lhe com o dedo uma força de intensidade F perpendicular à parede, conforme representa a figura



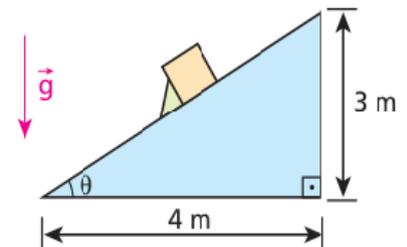
Seja m a massa da caixa e g a intensidade da aceleração da gravidade e desprezando o atrito entre o dedo e a caixa, e entre a caixa e a parede. Construa o diagrama de forças da situação.

3) Um dinamômetro fornece uma leitura de 15 N quando os corpos x e y estão pendurados nele, conforme mostra a figura. Sendo a massa de y igual ao dobro da de x, qual a tração na corda que une os dois corpos?



4) No plano inclinado representado ao lado, o bloco encontra-se impedido de se movimentar devido ao calço no qual está apoiado. Os atritos são desprezíveis, a massa do bloco vale 5,0 kg e $g = 10 \frac{m}{s^2}$

- a) Copie a figura esquematizando todas as forças que agem no bloco.
- b) Calcule as intensidades das forças com as quais o bloco comprime o calço e o plano de apoio.

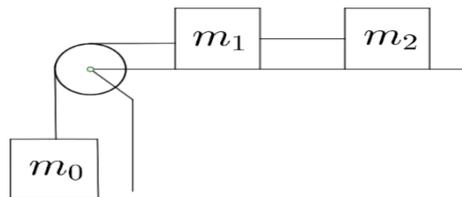


APÊNDICE B – Teste nível superior

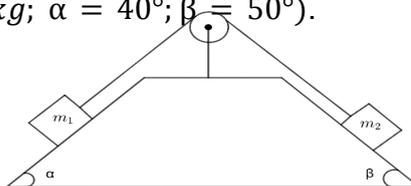
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE
FÍSICA

Questionário referente à pesquisa intitulada “Sobre a construção de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica no ensino médio e superior.

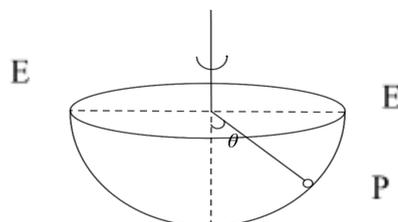
- 1) As massas m_0 , m_1 , e m_2 dos corpos são iguais; as massas da polia e dos fios são desprezíveis e não há atrito na polia. Encontre o vetor aceleração com o qual o corpo m_0 desce e a tensão do fio ligado aos corpos m_1 e m_2 , sabendo que o coeficiente de atrito entre esses corpos e a superfície horizontal é igual a k .



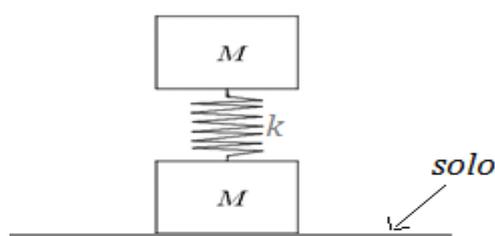
- 2) Duas massas pontuais deslizam sem atrito por planos inclinados, como mostra figura. A corda e a polia são ideais, e não há atrito com a polia. Determine a aceleração das massas e a tensão das cordas. (DADOS: $m_1 = 8 \text{ kg}$; $m_2 = 10 \text{ kg}$; $\alpha = 40^\circ$; $\beta = 50^\circ$).



- 3) Determine o ângulo θ que define a posição de equilíbrio relativo de uma partícula P repousando sobre um vaso hemisférico liso que gira em torno do seu eixo geométrico EE' com velocidade angular ω . Raio do hemisfério = R.

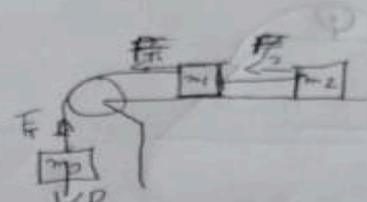


- 4) Dois blocos de massas iguais M estão firmemente presos a uma mola de constante elástica k , que são mostrados em equilíbrio, ver figura. Determine a altura máxima que o bloco superior pode descer (comprimir a mola), de modo que o bloco inferior não chegue a pular durante a oscilação.



APÊNDICE C – ALGUNS EXEMPLOS DE RESPOSTA

$m_0 = m_1 = m_2$



$F = m a g$
 $\mu_c = k$

$P = F_T$

~~$F_T = T_2 + T_1$~~

$F_{T0} = P - T_1$
 $m a = m g - T_1$

$F_{T1} = T_1 - f_{at} - T_2$
 $F_{T1} = T_1 - m \cdot g \cdot \mu_c$

$F_{T2} = T_2 - m \cdot g \cdot \mu_c$

$m \cdot a = T_2 - m \cdot g \cdot \mu_c$
 $T_2 = m a + m \cdot g \cdot \mu_c$
 $T_2 = \frac{g(1-2\mu)}{3} + m g \mu_c$
 $T_2 = \frac{m g (1-2\mu)}{3}$

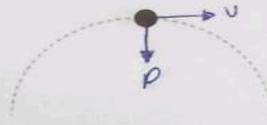
$m a = T_1 - m \cdot g \cdot \mu_c - T_2$
 $m a = T_1 - m \cdot g \cdot \mu_c$

$2(m \cdot a) = T_1 - m g (2\mu_c)$
 $m \cdot a = m g - T_1$

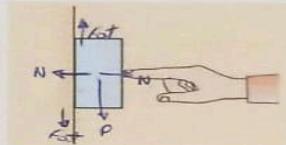
$3(m \cdot a) = m g - m g (2\mu)$
 ~~$a = \frac{g(1-2\mu)}{3}$~~
 $a = \frac{g(1-2\mu)}{3}$

Questionário referente à pesquisa intitulada "Sobre a construção de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica no ensino médio e superior."

1) Uma bolinha realiza um movimento parabólico. Tendo a imagem como base, qual será o diagrama de corpo livre da bolinha no ponto mais alto?



2) Um homem comprime uma caixa contra uma parede vertical, aplicando-lhe com o dedo uma força de intensidade F perpendicular à parede, conforme representa a figura

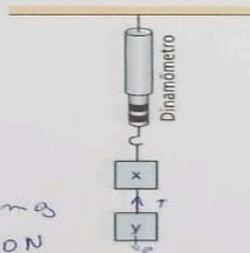


Sendo m a massa da caixa e g a intensidade da aceleração da gravidade e desprezando o atrito entre o dedo e a caixa, e entre a caixa e a parede. Construa o diagrama de forças da situação.

3) Um dinamômetro fornece uma leitura de 15 N quando os corpos x e y estão pendurados nele, conforme mostra a figura. Sendo a massa de y igual ao dobro da de x , qual a tração na corda que une os dois corpos?

$x = 5 \text{ kg}$
 $y = 10 \text{ kg}$

$T = P$ $P = m \cdot g$
 $T = 100 \text{ N}$

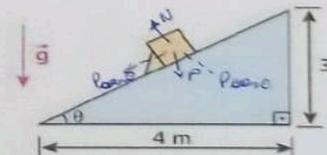


4) No plano inclinado representado ao lado, o bloco encontra-se impedido de se movimentar devido ao calço no qual está apoiado. Os atritos são desprezíveis, a massa do bloco vale $5,0 \text{ kg}$ e $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- a) Copie a figura esquematizando todas as forças que agem no bloco.
 b) Calcule as intensidades das forças com as quais o bloco comprime o calço e o plano de apoio.

$F = P \cdot \sin \theta$
 $F = 10 \cdot 5 \cdot \frac{3}{4}$
 $F = \frac{150}{4} = 37,5 \text{ N}$

$f_2 = P \cos \theta$
 $f_2 = 10 \cdot 5 \cdot \frac{4}{3}$
 $f_2 = \frac{200}{3} = 66,6 \text{ N}$



Questão 1

$T_2 \rightarrow$ força entre m_1 e m_2

$T_1 \rightarrow$ força entre m_0 e m_1

Bloco 2

$$F_r = T_2 - F_{atc}$$

$$m \cdot a = T_1 - T_2 - m \cdot g \cdot \mu_1$$

Sistema dos blocos m_1 e m_2 :

$$m \cdot a = T_2 - m \cdot g \cdot \mu_2$$

$$m \cdot a = T_1 - T_2 - m \cdot g \cdot \mu_1 +$$

$$2 \cdot m \cdot a = T_1 - m \cdot g (\mu_1 + \mu_2)$$

Bloco m_0 :

$$F_r = P - T_1$$

$$m \cdot a = m \cdot g - T_1$$

$$2 \cdot m \cdot a = T_1 - m \cdot g (4\mu_1 + 4\mu_2) +$$

$$3 \cdot m \cdot a = m \cdot g - m \cdot g (4\mu_1 + 4\mu_2) +$$

$$a = \frac{g \cdot [1 - (4\mu_1 + 4\mu_2)]}{3}$$

Usando a equação do fio ligando os corpos m_1 e m_2

$$m \cdot a = T_2 - m \cdot g \cdot \mu_2$$

$$T_2 = m \cdot a + m \cdot g \cdot \mu_2$$

Substituindo o valor da aceleração

$$T_2 = m \cdot g \cdot [1 - (\mu_1 + \mu_2)] + m \cdot g \cdot \mu_2$$

$$T_2 = m \cdot g - m \cdot g \cdot \mu_1 - m \cdot g \cdot \mu_2 + 3 \cdot m \cdot g \cdot \mu_2$$

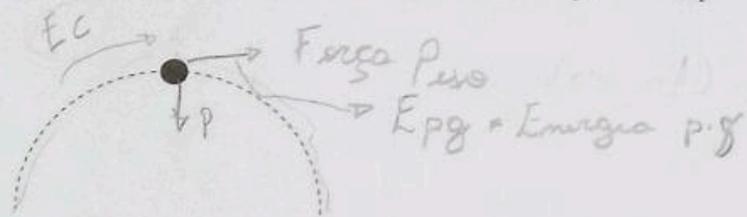
$$T_2 = m \cdot g - \frac{m \cdot g \cdot \mu_1 + 2 \cdot m \cdot g \cdot \mu_2}{3}$$

$$T_2 = \frac{m \cdot g [1 - \mu_1 + 2 \cdot \mu_2]}{3}$$

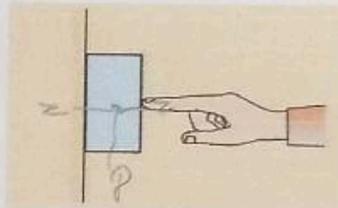
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Questionário referente à pesquisa intitulada "Sobre a construção de diagramas de corpo livre na solução de problemas de mecânica no ensino médio e superior."

1) Uma bolinha realiza um movimento parabólico. Tendo a imagem como base, qual será o diagrama de corpo livre da bolinha no ponto mais alto?

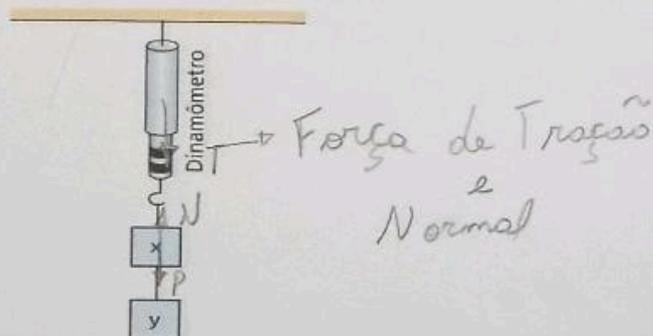


2) Um homem comprime uma caixa contra uma parede vertical, aplicando-lhe com o dedo uma força de intensidade F perpendicular à parede, conforme representa a figura



Sendo m a massa da caixa e g a intensidade da aceleração da gravidade e desprezando o atrito entre o dedo e a caixa, e entre a caixa e a parede. Construa o diagrama de forças da situação.

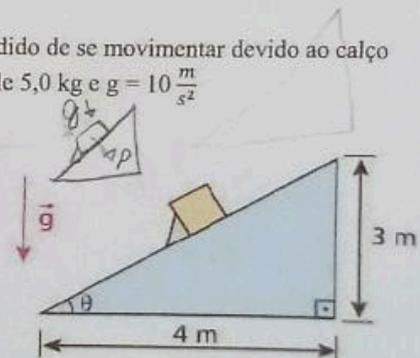
3) Um dinamômetro fornece uma leitura de 15 N quando os corpos x e y estão pendurados nele, conforme mostra a figura. Sendo a massa de y igual ao dobro da de x , qual a tração na corda que une os dois corpos?



4) No plano inclinado representado ao lado, o bloco encontra-se impedido de se movimentar devido ao calço no qual está apoiado. Os atritos são desprezíveis, a massa do bloco vale $5,0 \text{ kg}$ e $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

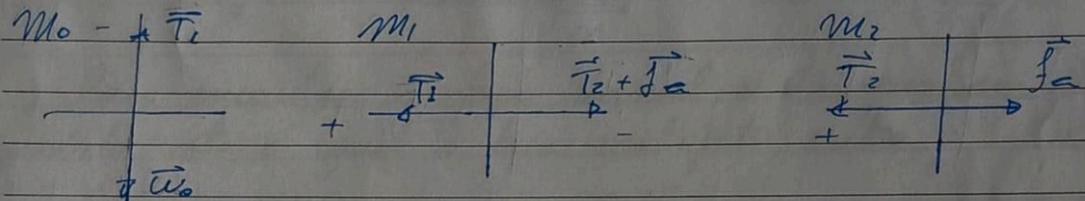
a) Copie a figura esquematizando todas as forças que agem no bloco.

b) Calcule as intensidades das forças com as quais o bloco comprime o calço e o plano de apoio.



1) Visto que as massas são iguais, por conveniência, escreve-se $m_0 = m_1 = m_2 = m$. Além disso, o problema não possui nenhum valor específico, então, escreveremos o vetor aceleração e a tensão em termos de m .

Descompondo as forças que agem sobre cada bloco, temos:



Observe que as forças de tensões se anularam ao calcular a força resultante, restando somente W_0 e F_a . Assim

$$2T \hat{j} = (2^2 m) \cdot \vec{a} \Rightarrow W_0 - 2F_a = 3m \cdot \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \frac{W_0 - 2F_a}{3m} = \frac{mg - 2(kmg)}{3m}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \frac{mg(L - 2k)}{3m} = \frac{g(L - 2k)}{3}$$

$$\therefore \vec{a} = \frac{g(L - 2k)}{3} \hat{j} \quad (\vec{g} = g\hat{j})$$

Logo o vetor aceleração de m_0 é na vertical e paralelo à \vec{g} .

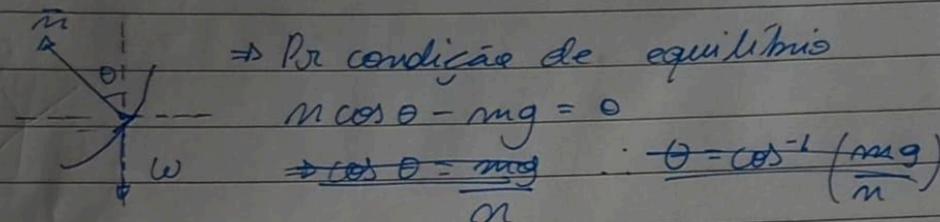
Para encontrar a tensão T_2 , usa-se a equação de M_2 , ou seja,

$$T_2 - F_a = m_2 \cdot a$$

Visto que estamos calculando a intensidade da tensão, não precisamos nos preocupar com o vetor

Exercício Antônio Ramos Kemou

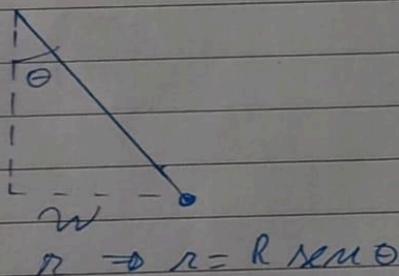
3) Dado que a partícula está em equilíbrio, então as forças que atuam sobre ela são nulas. Pelo diagrama de forças, temos:



Para encontrar a força normal, visto que, em módulo, esta é igual à força centrípeta, então

$$|N| = |F_c| = m a = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r$$

O raio r é dado pela distância do centro de giro até a bolinha, isto é:



Logo, o ângulo θ é dado por

$$N = m \omega^2 r = mg$$

$$\Rightarrow \omega^2 r = g \Rightarrow R \sin \theta = \frac{g}{\omega^2}$$

$$\Rightarrow \sin \theta = \frac{g}{\omega^2 R}$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1} \left(\frac{g}{\omega^2 R} \right)$$