

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO**

DALLE CHRISTIAN VINICIUS COELHO POLONIO

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ESTÁTICA NO ENSINO MÉDIO

CAMPO MOURÃO
2018

DALLE CHRISTIAN VINICIUS COELHO POLONIO

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ESTÁTICA NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P778

Polonio, Dalle Christian Vinicius Coelho

Uma proposta para o ensino de estática no ensino médio /Dalle Christian Vinicius Coelho Polonio. — Campo Mourão, 2018.

175 f. : il. color ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

Inclui bibliografias.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Estática. 3. Física – Dissertações. I. Batista, Michel Corci. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

CDD 530.07

DALLE CHRISTIAN VINICIUS COELHO POLONIO

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ESTÁTICA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 , como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador(a) Profa. Dr. Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- UTFPR

Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- UTFPR

Profa. Dra. Viviane Oliveira Soares
Universidade Estadual de Maringá –UEM-
Goioerê.

Campo Mourão, 24 de fevereiro de 2018

Dedico este trabalho...

*Às minhas filhas Stephany e Giovana,
que me inspiram todos os dias.*

AGRADECIMENTOS

*À minha mãe, **Eglair** e ao meu pai **Wilson**, pela oportunidade de estudar e apoiar em todas às minhas decisões.*

*À minha esposa **Soraya**, pelo incentivo e a compreensão da ausência durante meus estudos.*

*Ao meu orientador Dr. **Michel Corci Batista**, pelos vários atendimentos e ensinamentos.*

*Aos **professores** do programa que me fizeram enxergar o ensino de uma forma diferente.*

*Aos **professores** da Escola Estadual Paçandu que de alguma forma contribuíram para a minha formação.*

*Aos **alunos** que se prontificaram a participar deste trabalho.*

*Aos meus **colegas** de curso que me deram força e apoio para continuar.*

A CAPES pelo apoio financeiro

Meu muito obrigado a todos.

POLONIO, Dalle Christian Vinicius Coelho. **Uma Proposta Para o Ensino De Estática no Ensino Médio**. 2018. 175 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo produzir uma mídia digital sobre o conteúdo de estática com diferentes recursos a serem utilizados pelo professor de física, bem como, aplicar e verificar o potencial pedagógico dessa mídia, ou dos recursos presentes nessa mídia, junto a uma turma da primeira série do ensino médio de uma instituição pública da cidade de Paiçandu, Paraná. A mídia digital produzida se pautou em diferentes recursos de ensino, tais como: vídeos, simuladores e atividades práticas. Esse trabalho foi norteado pelos pressupostos da pesquisa qualitativa e, para se coletar os dados utilizou-se questionários estruturados, diário de bordo e todo material produzido pelos alunos durante o desenvolvimento das atividades. A aplicação das atividades da mídia ocorreram em quatro intervenções, totalizando oito horas no terceiro trimestre do ano letivo de 2017. Após análise e interpretação dos dados, a partir de pressupostos da Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2011), os resultados apontaram para uma evolução dos alunos com relação aos conceitos de estática abordados, bem como, para uma mudança de postura por parte dos alunos, principalmente aqueles que se faziam menos interessados nas aulas de Física.

Palavras-chave: Estática. Aprendizagem. Mídia digital.

POLONIO, Dalle Christian Vinicius Coelho. **A Proposal For Statistics Teaching in Middle School**. 2018. 175 f. Dissertation (Professional Master of Teaching Physics) - Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2018.

ABSTRACT

The objective of this study was to produce a digital media about the static content with different resources to be used by the physics teacher, as well as to apply and verify the pedagogical potential of this media, or the resources present in this media, together with a first grade of a high school in a public institution in the city of Paiçandu, Paraná. The digital media produced was based on different teaching resources, such as videos, simulators and practical activities. This work was guided by the assumptions of the qualitative research and to collect the data was used structured questionnaires, logbook and all material produced by the students during the development of activities. The application of media activities occurred in four interventions, totaling eight hours in the third quarter of the 2017 school year. After analyzing and interpreting the data, based on the assumptions of the Discursive Textual Analysis of Moraes and Galiazzi (2011), the results pointed to an evolution of the students regarding concepts of static approach, as well as for a change of posture on the part of the students, mainly those that became less interested in the classes of Physics.

Keywords: Static. Learning. Digital media.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Teoria de Aprendizagem	13
2.1.1	Considerações da Mediação Segundo Vygotsky	14
2.1.2	A Teoria Significativa de Ausubel	16
2.1.3	Aprendizagem Significativa	17
2.2	As Tecnologias e os Desafios para o Professor	19
2.3	Imigrantes Digitais e Nativos Digitais	20
2.4	TIC e Formação do Professor	21
2.5	Softwares Educacionais e o Ensino de Física	24
2.6	Descrição dos Softwares Utilizados	25
3	UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ESTÁTICA	30
3.1	Determinação da Força Resultante	31
3.2	Equilíbrio Estático	34
3.3	Diagrama de Corpo Livre	35
3.4	Centro de Gravidade	36
3.5	Centro de Massa	37
3.6	Sistemas de Partículas - Uma dimensão	38
3.7	Momento de uma Força (TORQUE)	39
3.8	Equilíbrio Estático do Corpo Extenso	41
3.9	Alavanca, Roldana, Plano Inclinado e Parafusos	42
4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	49
4.1	Os sujeitos de Pesquisa	50
4.2	A Constituição dos Dados	50
4.3	Registro	51
4.4	Testando o Uso do Software na Escola	51
4.5	O Espaço Físico Utilizado e Cronograma	52
4.6	Descrição Detalhada dos Encontros	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
5.1	Primeiro Encontro: Atividade Investigativa e Introdução ao estudo da Estática	56
5.2	Segundo Encontro: Utilização do Simulador Peso Suspenso por dois Cabos	58
5.3	Terceiro Encontro: Atividades Experimentais sobre Centro de Gravidade	61
5.4	Quarto Encontro: Utilização do Simulador sobre Momento de uma Força e Finalização da Aplicação da Sequência Didática	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

REFERÊNCIAS.....71

APÊNDICE.....75

1 INTRODUÇÃO

Durante os anos em que ministro aulas no ensino médio, sempre percebo reclamações dos alunos a respeito da disciplina de física, muitas vezes, antes mesmo de conhecerem a disciplina, pois acabavam de chegar ao ensino médio. Quando ingressei no mestrado profissional em ensino de física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão, os novos colegas relataram que haviam vivenciado a mesma situação em suas respectivas escolas, em diferentes regiões do estado do Paraná. E o que se percebe é que esta situação ainda acontece no ensino de física, embora educadores e pesquisadores tenham contribuído muito nas últimas décadas em busca de mudanças significativas desse quadro, um exemplo é a iniciativa da Sociedade Brasileira de Física com um mestrado em rede nacional visando a melhoria do ensino de física.

Vários fatores podem influenciar negativamente no aprendizado dos conceitos físicos, pelo alunos, dentre eles: professores desmotivados, poucas experiências em laboratórios ou em outros ambientes de aprendizagem, carga horária reduzida da disciplina de física, dificuldades na interpretação de textos, e na resolução de cálculos matemáticos, ou até mesmo, professores que trabalham essencialmente com aulas tradicionais, baseadas no modelo expositivo no qual o professor “passa” a matéria e o aluno memoriza conceitos, fórmulas e técnicas de resolução de problemas para reproduzir mecanicamente nas avaliações. Essa metodologia de ensino favorece a aprendizagem mecânica (quando acontece) dos conceitos físicos, em detrimento da aprendizagem significativa dos mesmos, sem qualquer relação com a realidade dos estudantes. Entre as inúmeras dificuldades, destaca-se a forma como a matéria lhes é apresentada, muitas vezes desconexa da realidade, não fazendo assim muito sentido.

Diante da situação, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) instituiu os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCNEM), que foram elaborados para oferecer aos docentes subsídios que possam contribuir para a implementação de uma reforma no ensino, e segundo Pena (2007):

“No que concerne aos PCNEM, os elementos do novo perfil para o currículo deste nível de ensino, em decorrência das

novas exigências da vida contemporânea, têm referência no mundo vivencial dos estudantes e professores, nos diversos contextos, na qualidade da informação, na introdução da ideia do modelo, na história da ciência, experimentação, construção do conhecimento passo a passo e na interdisciplinaridade. Com vistas às ciências da natureza, matemática e suas tecnologias (Parte III dos PCNEM), especificamente, na seção Conhecimentos de física, é acentuada a importância da física na formação do cidadão, numa disciplina que permita ao mesmo desenvolver uma visão de mundo atualizada e entender o processo histórico-filosófico e as novas tecnologias do seu cotidiano doméstico, social e profissional” (PENA, 2007, p.2).

Seguindo estes parâmetros, neste trabalho espera-se que o conhecimento científico envolvido nas atividades seja significativo, mesmo para alunos cujo futuro profissional não dependa diretamente da física, e que possa ampliar a compreensão conceitual, preparando e incentivando àqueles que optarem por uma carreira universitária.

Corroborando com esta ideia, este trabalho tem por objetivo produzir uma mídia digital sobre o conteúdo de estática com diferentes recursos de ensino a serem utilizados pelo professor de física, bem como, aplicar e verificar o potencial pedagógico dessa mídia, ou dos recursos presentes nessa mídia, junto a uma turma da primeira série do ensino médio de uma instituição pública da cidade de Paiçandu, Paraná.

A escolha pelo tema estática se deu porque em minha trajetória enquanto professor de física, ministrei disciplinas básicas introdutórias no curso de engenharia civil e pude perceber o quanto os alunos chegam em um curso superior de engenharia sem a mínima noção de equilíbrio, conteúdo esse considerado como pré requisito para engenharia civil.

A proposta deste trabalho é, então, apresentar o conteúdo de estática por meio do contexto da engenharia civil, utilizando para isso atividades práticas, vídeos e simuladores, todos estruturados em uma sequência didática, visando contribuir para a melhoria da qualidade das aulas de física, relacionando os conceitos com os objetos do mundo em que vivemos, tentando maximizar o entendimento do aluno, que assim poderá perceber a utilidade do que aprendeu.

Para sustentar tal proposta, esse trabalho está dividido em seis capítulos seguindo as normas internas da UTFPR, sendo o primeiro capítulo, esta pequena introdução justificando a motivação para a estrutura do trabalho e para a escolha do tema.

O segundo capítulo apresenta uma fundamentação teórica sobre a teoria de aprendizagem escolhida para embasar a produção da sequência didática, bem como, sobre a importância das tecnologias para o docente, visto que esse trabalho se propõe a produzir uma mídia digital como apoio ao professor. O terceiro capítulo, ainda apresenta uma fundamentação teórica, mas agora é sobre o conteúdo físico envolvido no trabalho.

O quarto capítulo apresenta detalhadamente o encaminhamento metodológico do trabalho. O quinto capítulo apresenta o relato de experiência vivenciado pelo professor pesquisador, fazendo as devidas análises e discussões dos resultados e finalizando o capítulo seis em que apresenta as considerações finais do pesquisador com relação aos objetivos propostos. O trabalho possui ainda as referências e o apêndice, este último é constituído do produto educacional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Teoria de Aprendizagem

A escola é o ambiente mais adequado para proporcionar diferentes possibilidades de estabelecer elos para integração entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos científicos, fornecendo diferentes abordagens dos conteúdos e estimulando a construção de outros significados (GENTILE, 2003).

Para apropriação do conhecimento, vamos utilizar uma sequência didática que é constituída de uma série de atividades encadeadas de questionamentos, atitudes e procedimentos que denominaremos de atividades a serem desenvolvidas pelo aluno, com a mediação do professor em sala de aula, com o objetivo de se apresentar ou aprofundar um tema que é objetivo de estudo, utilizando para isso várias estratégias e recursos didáticos, que podem ser, por exemplo: aulas dialogadas, vídeos, simulações computacionais, mapas conceituais, leituras, experimentos, etc. Assim, o tema será tratado em um conjunto de aulas planejadas de modo que o aluno se aprofunde e se aproprie do tema desenvolvido.

A criação de uma mídia interativa como produto educacional para o mestrado profissional em ensino de física fundamenta-se em uma sequência didática, com especificidade no ensino da estática para os primeiros anos do ensino médio.

Segundo Zabala (1998) sequências didáticas são:

“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos [...]” (ZABALA, 1998 P.18).

Acredita-se que a opção de começar pela sequência didática, se justifica pela importância capital das intenções educacionais, na definição dos conteúdos de aprendizagem e, portanto, do papel das atividades que se propõem. Desta forma, haverá uma grande diferença entre um ensino que considere um conteúdo de aprendizagem, por exemplo, a observação dos fenômenos naturais, e o que o situe num lugar de destaque as atividades ou

determinadas habilidades sociais, o que determinará um tipo de conteúdo, algumas atividades e, sobretudo, um tipo de sequência (Zabala, 1988, p.54).

2.1.1 Considerações da Mediação Segundo Vygotsky

Fundamentaremos nossa pesquisa segundo a teoria de Vygotsk, porque o mesmo admite que as ações das pessoas no mundo são tratadas em grande parcela pelas experiências de outras pessoas, chamadas de herança sócio cultural, e pela ação de ferramentas culturais.

Segundo Vygotsk,

[...] instrumentos e signos são construções sócias históricas e culturais; através da apropriação (internalização) destas construções, via interação social, o sujeito se desenvolve cognitivamente. Quanto mais o indivíduo vai utilizando signos, tanto mais vão se modificando, fundamentalmente, as operações psicológicas das quais ele é capaz. Da mesma forma, quanto mais instrumentos ele vai aprendendo a usar, tanto mais se amplia de modo quase ilimitado, a gama de atividades nas quais pode aplicar suas novas funções psicológicas (Moreira, 1999, p.111).

Através da sequência didática, podemos afirmar que quanto mais o aluno internaliza os conhecimentos do tema em questão, mais vai se apropriando do conhecimento e ampliando a sua visão de mundo, tornando-se capaz de aplicar os seus conhecimentos em seu cotidiano.

Ainda, segundo Moreira, Vygotsky enfoca a interação social. Sua unidade de análise não é o indivíduo nem o contexto, mas a interação entre eles. Mas o que é interação social? Segundo Garton (1992, p.11): “Uma interação social implica um mínimo de duas pessoas intercambiando informações. O par, ou díade, é o menor microcosmo de interação social. Implica também um determinado grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, ou seja, a interação social supõe ativa (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos” (Moreira, 1999,p.112).

Sendo assim, a sequência didática também possibilita a interação social entre os alunos, bem como, também com o professor, já que durante as atividades propostas existem vários momentos de trocas de informações, não

apenas de conceitos da Estática, mas também das aplicações que eles podem ter em seu cotidiano.

Utilizando a teoria de Vygostsky, definimos que alguns conceitos podem ser utilizados em nossa fundamentação, tais como: instrumento e signo. Definimos o instrumento como sendo algo que pode ser utilizado para fazer alguma coisa. Quanto mais instrumentos o indivíduo vai incorporando em seus conhecimentos, mais aumenta a possibilidade de atividades nas quais pode aplicar suas novas funções mentais.

Já signo, conceitualmente é alguma coisa que significa outra, (Moreira, 1999, p.112), por exemplo, podemos citar a linguagem que é repleta de signos, por exemplo, a palavra mesa nos leva ao próprio objeto concreto mesa. Perceba que você certamente poderá imaginar vendo esta à mesma sem que haja a necessidade de enxergá-la. Assim ambos os conceitos, instrumento e signos, são construídos pela sociedade ao longo da história e influenciam seu desenvolvimento social e cultural. Dentro desta perspectiva, em nossa sequência didática, podemos utilizar signos para dar significado ao aprendizado do tema específico, como por exemplo, que a soma de forças iguais a zero e não havendo rotação, podemos dizer que o corpo está em equilíbrio estático. Desta forma, os significados e gestos são construídos socialmente pelos alunos.

Para internalizar signos, o ser humano tem que captar os significados já compartilhados socialmente, ou seja, tem que passar a compartilhar significados já aceitos no contexto social em que se encontram, ou já construídos sociais, histórica e culturalmente (Moreira, 1999, p.113).

“Desde o momento em que o desenvolvimento das funções mentais superiores exige a internalização de instrumentos e signos em contextos de interação, a aprendizagem se converte na condição para o desenvolvimento dessas funções, desde que se situe precisamente na zona de desenvolvimento potencial do sujeito, definida como a diferença entre o que ele é capaz de fazer por si só e o que pode fazer com a ajuda dos outros. Este conceito sintetiza, portanto, a concepção de desenvolvimento como apropriação de instrumentos e, especialmente, signos proporcionados por agentes culturais de interação” (Rivière, 1987, p.96).

Neste contexto, fica claro a diferença no aprendizado do aluno, quando o mesmo interage com os colegas mais experientes da turma ou com o

professor, para a apropriação dos temas trabalhados em sala de aula, em relação ao estudo por si só. Citando ainda Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal é definida como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido pela sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob a orientação (de um adulto) ou em colaboração de companheiros mais capazes (Vygotsky, 1988, p.97).

Através da zona de desenvolvimento proximal dos alunos, pode se definir as funções que estejam em processo de amadurecimento e, que ainda não chegaram ao processo de maturação. Ela mede o verdadeiro potencial de aprendizagem, representando quais regiões o desenvolvimento cognitivo está ocorrendo, e de forma dinâmica, ela está sempre se transformando (Moreira, 1999, p.116).

Um dos principais pressupostos de Vygotsky ao tratar do desenvolvimento é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). “A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário”. (Vygotsky, 1991, P.58).

Ao passar do nível de desenvolvimento potencial para o real, o aluno realizou um processo de internalização. Para Vygotsky (1991, p.40): “Chamamos de internalização a reconstrução interna de uma operação externa” Giordan, referenciando Vygotsky, complementa: “qualquer função no desenvolvimento cultural da criança aparece em cena duas vezes: primeiro no plano social, depois no psicológico (...)” (GIORDAN, 2013, p.35).

2.1.2 A Teoria Significativa de Ausubel

Segundo Moreira, a teoria de Ausubel focaliza principalmente na aprendizagem cognitiva, é aquela que resulta no armazenamento na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. Para ele, aprendizagem significativa organização e integração do material na estrutura cognitiva (Moreira, 1999, p.152). Ele se baseia, como

outros teóricos do cognitivismo, na premissa de que existe um sistema estrutural na qual essa organização e integração se processam.

Entende-se como Estrutura Cognitiva, como sendo um conjunto de ideias sobre um determinado assunto, disciplina ou mesmo conjunto total de pensamentos de um indivíduo e, a forma com que estes são organizados.

Para Ausubel, ensinar sem considerar o conhecimento prévio de uma criança, é um esforço em vão, pois o mesmo não tem onde se ancorar. Mas, há outro fator que se refere ao desafio de tornar a escola um ambiente motivador. “De nada serve desenvolver uma aula diferenciada, mais divertida se ela for encaminhada de forma automática, sem a possibilidade de reflexão e apropriação de significados” por parte dos alunos. Pode-se preparar uma aula diferenciada, mas é o aluno que determina se houve ou não compreensão do conteúdo. Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva e funcione dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos (Moreira, 1999, p.152).

2.1.3 Aprendizagem Significativa

Para Ausubel, a aprendizagem significativa: “é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do indivíduo (...)” (Moreira, 1999, p.153).

A aprendizagem significativa ocorre quando uma gama de novas informações ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 1999, p.153).

A estes conteúdos prévios deverão agregar novos conteúdos que, por sua vez, poderão alterar e dar outras significações àquelas pré-existentes no indivíduo. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos são ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos (Moreira, 1999, p.153).

Assim, Aprendizagem Significativa é um processo no qual uma nova informação é acrescentada a uma estrutura cognitiva particular e específica, prévia, denominada de subsunção.

O próprio aluno já possui dentro de si conceitos que lhe são considerados como relevantes, e é a eles que as novas informações devem ser relacionadas com o objetivo de organizar seus conhecimentos.

À medida que a aprendizagem começa a ter significado, os subsunçores vão se tornando cada vez mais aprimorados e capazes de ancorar novas informações (Moreira, 1999, p.155).

Em estática, por exemplo, força e equilíbrio são conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos conceitos da estática, tais como equilíbrio de um ponto material. Entretanto, este processo de “ancoragem” das novas informações resulta em crescimento e modificação do conceito do subsunçor, isto é, os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem estar poucos desenvolvidos e podem ser aprimorados à medida que novos conceitos fossem aprendidos de forma significativa.

Verifica-se que existe a possibilidade de ocorrer em alguns casos de o conhecimento prévio ser um bloqueador, impeditivo da aprendizagem significativa. Por exemplo, dentro da Estática, alguns conceitos pré-existentes de equilíbrio como uma ideia de confiança, discordam com o conceito visto na física para o equilíbrio de uma partícula. Para Ausubel, o conhecimento prévio é o fator que mais influencia no processo de aprendizagem, mas nem sempre essa influência é construtiva.

Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que servirão de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos que facilitem a aprendizagem subsequente (Moreira, 1999, p.155).

Organizadores prévios são por definição, materiais de introdução que antevem os materiais a serem aprendidos em si e sua principal função é de servir de ponte entre o que o aprendiz já possui como conhecimento e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa.

Uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o material a ser utilizado (a ser aprendido) tenha uma relação com a estrutura cognitiva do aprendiz, com uma característica dita potencialmente significativa, de modo a realizar o aprendizado e que e tenha a disponibilidade das estruturas cognitivas dos alunos os subsunçores adequados. Outra condição

para a aprendizagem significativa é uma disposição do aprendiz em relacionar de forma substantiva e não arbitrária o novo material a sua estrutura cognitiva.

2.2 As Tecnologias e os Desafios para o Professor

A estrutura escolar ainda nos dias atuais se baseia no método tradicional de ensino, processo mantido sem grande atratividade para os alunos e com pouca produção de conhecimentos, comprovados pelos baixos índices de quantificação propostos pelo governo. O professor tem pela frente um grande desafio, com novas perspectivas na tecnologia, com o objetivo de ensinar de forma significativa para que o aluno se aproprie dos conhecimentos que lhe são apresentados. Também seria interessante a escola mudar a disposição da estrutura de organização das aulas meramente expositivas, onde os alunos sentam-se rigidamente enfileirados a espera de um mínimo de aprendizagem. Se esta estrutura se mostrou eficiente algum dia, já não se apresenta mais, pois os jovens estão atentos às mudanças sociais e já não aceitam o ensino meramente tradicional.

Para educar esta nova geração, Dowbour (2013, p. 04) faz um alerta: “[...] a educação tradicional, sentada em cima deste vulcão de transformações, começa a sentir um calor crescente, por enquanto apenas acomoda-se o melhor possível”. Pensando em atender às necessidades desse novo público é de fundamental importância, segundo o autor, haver transformações sistêmicas.

Para Leite (2015, p.81), “Os jovens estão acostumados a obter informações de forma rápida e costumam recorrer primeiramente a fontes digitais e à *Web* antes de procurarem em livros ou na mídia impressa [...]”. Esta afirmação não nos permite negar a realidade de que para se “preparar um novo homem é necessário conhecer esse novo homem, o novo estudante não é aquele que aceita calmamente uma escola tradicional e autoritária” (ALARCÃO, 2001).

A escola que conhecemos não é atraente e nem estimulante atualmente para os estudantes, no entanto, ainda são vistas pela sociedade como principal acesso à educação, e a educação por sua vez é apontada como fator fundamental para a mudança de vida, para o crescimento do indivíduo.

Dada à importância da escola no desenvolvimento humano, cabe também a ela passar por modificações que atendam ao novo perfil da humanidade, como ressalva Alarcão (2001, p. 21): “Se a escola como instituição não quiser estagnar, deve interagir com as transformações ocorridas no mundo e no ambiente que a rodeia”.

Diante dos fatos, a partir do instante em que a sociedade se modifica, a educação deve se modificar também, pelo fato que o âmbito escolar e a sociedade se interagem, por isso, acredita-se que a escola deve se apropriar das TIC e incluir novas tecnologias e possibilitar novos caminhos para práticas pedagógicas.

Introduzir novas tecnologias não significa inundar as instituições de ensino com computadores, mas fornecer aos alunos a oportunidade de utilizar ferramentas de mediação entre estes alunos e os conteúdos abordados em sala de aula.

Mesmo com toda a escola informatizada, Gadotti (2000) acredita que a escola ainda não aderiu ao movimento tecnológico, pelo motivo do enraizamento da “cultura do papel”. O autor considera que serão necessárias mudanças tanto nas metodologias, quanto na linguagem que esta concepção utiliza. Estes pensamentos se associam com o de Philippe Perrenoud:

[...] A escola não pode ignorar o que se passa no mundo. Ora, as novas tecnologias da informação e comunicação (TIC ou NTIC) transformam espetacularmente não só as nossas maneiras de comunicar, mas também de trabalhar, de decidir, de pensar (PERRENOUD, 2000, p.125).

Concordamos com os pensamentos dos autores sobre suas ideias da influência da comunicação no marco de uma nova geração de estudantes que possuem a sua disposição muita informação ao alcance das mãos e, que podem aprender de uma forma diferenciada da que vivemos até então. Assim, a escola deve aceitar os anseios desses novos alunos e atendê-los da melhor forma possível.

2.3 Imigrantes Digitais e Nativos Digitais

Como já citado anteriormente, se faz necessário à mudança na forma de ensinar devido ao fato das mudanças nos sujeitos predispostos a aprender.

Para Prensky (2001) “todos os nossos estudantes são Nativos Digitais”, ou seja, jovens que possuem até 25 anos de idade já nasceram com as mudanças tecnológicas e ao meio da revolução das comunicações e se adaptaram facilmente a estas mudanças.

Uma comparação entre os estudantes que são considerados nativos digitais e seus professores pode ser realizada. Enquanto que os Nativos Digitais, que nasceram com a presença principalmente da internet se adaptam com grande facilidade às mudanças tecnológicas e tendem a dominá-la de forma espontânea. Os professores que são denominados de Imigrantes Digitais tiveram que se adequar a essas mudanças, com alguns possuindo maior facilidade em relação a outros, embora sendo de poucas décadas a diferença temporal entre eles, justificam a dificuldade de muitos professores em dominar as TIC, e conseqüentemente em incorporar em suas atividades de ensino.

2.4 TIC e Formação do Professor

Segundo de Carvalho (2011, p.22): “Ele (o professor) precisa sentir e tomar consciência desse novo contexto e do novo papel que deverá exercer na classe. Essas transformações não são tranquilas. Há resistências às mudanças”. Através dessas palavras é possível verificar que a formação inicial e continuada dos professores é de fundamental importância para que ocorram as necessárias transformações.

É inegável negar que nos últimos anos, a informática tem se configurado uma ferramenta consideravelmente poderosa quando utilizada na educação. Na concepção de Nogai (2005):

[...] a informática na educação é vista como uma nova e promissora área a ser explorada e com potencial que pode possibilitar mudanças nos sistemas educacionais. Por isso, a importância que se reveste a formação de professores no domínio da tecnologia para que se tornem capazes de refletir e de participar ativamente desse processo de mudança da inserção da informática aplicada à educação (NOGAI, p.33, 2005).

É natural que uma mudança no modo de ensinar possa gerar receio aos professores, pois possibilita dar ao estudante uma possibilidade de uma maior liberdade para a sua aprendizagem, como relata Maldaner: “Pude constatar

muitas vezes o temor dos professores em não saber responder às perguntas que os alunos fazem e, principalmente, em deixar que eles manifestem suas percepções, suas dúvidas [...]” (MALDANER, 2000, p.46).

Ainda que o professor seja tomado pelo receio de perder o controle de sua aula, a formação continuada é importante para mostrar exatamente o contrário, que é dever do professor assumir o controle, decidir o que fazer e como fazer com muita clareza, com preparo e responsabilidade, ir além do livro didático e da exposição oral, e fazer isso permitindo a participação ativa de seus alunos. É necessário que o professor em sua formação continuada, leve em consideração a sua realidade escolar e que considerem as suas reais necessidades.

Os processos de formação continuada já testados e que podem dar respostas positivas tem algumas características relevantes: os grupos de professores que decidem “tomar nas próprias mãos” o tipo de aula e o conteúdo que irão ensinar [...] (MALDANER, 2000, p.25).

Segundo Leite, apesar de muitos professores conhecerem as TIC, ainda faltam à sua grande maioria conhecimentos sobre como utilizá-las e formação para aplicá-las. “[...] os futuros professores não se sentem familiarizados com o uso das TICs no ensino, eles têm em alguns casos, o domínio das ferramentas tecnológicas, porém o uso aplicado na construção do conhecimento de seus alunos é falível”. (LEITE, 2015, p.30).

A utilização dos recursos tecnológicos como o computador, o celular, permitem acrescentar dinamismo às aulas, aproximando o professor dos alunos. A simulação dos fenômenos em computadores faz com que os alunos se sintam mais a vontade para participar e dar contribuições às aulas. Além disso, para a disciplina de Física, os simuladores culminam em resultados muito proveitosos e satisfatórios.

Segundo Perrenoud, ao se falar sobre a utilização de software, aponta como competência de um professor ser “um conhecedor dos *softwares* que facilitam o trabalho intelectual, [...], com familiaridade pessoal e fértil imaginação didática, para evitar que esses instrumentos se desviem de seu uso profissional”. (PERRENOUD, 2000, p.134).

Não é necessário que um professor seja um especialista em informática ou programação, porém se faz necessário à criação de propostas que forneçam aos professores uma formação inicial e continuada, para que dar

sustentação à utilização das TIC no ensino. Existe uma enorme gama de recursos educacionais que ainda não estão sendo aproveitados. Além disso, o uso de *softwares* sem objetivos claros tende apenas a reproduzir o que acontece em sala com utilização do livro didático.

Valente (1988) ao discutir a utilização da tecnologia na educação, considera a formação do professor essencial para que seja adotado um paradigma construcionista, no qual o papel do professor, enquanto mediador tem maior relevância.

[...] o mediador necessita conhecer sobre a ferramenta computacional, conhecer sobre os processos de aprendizagem, ter uma visão dos fatores sociais e afetivos que contribuem para a aprendizagem [...]. Esse conhecimento não é adquirido através de um treinamento. É necessário um processo de formação ” (VALENTE, 1998, p.140).

Algumas considerações sobre tecnologias e formação dos professores do estado do Paraná, em uma pesquisa realizada recentemente com um grupo de professores da disciplina de ciências da rede pública de ensino, Frederico e Gianotto (2016) deixam evidente a dificuldade em se utilizar recursos de informática, inclusive o sistema *Linux*. “A maioria dos professores de Ciências entrevistados argumentaram que apresentam dificuldades em utilizar o sistema operacional *Linux*, presentes nos laboratórios de informática da rede estadual paranaense” (FREDERICO, GIANOTTO, 2016, p.152).

Os autores constataram na pesquisa que diante de tal cenário, fica ainda mais difícil a utilização das TIC enquanto recurso pedagógico. “Diante das respostas dos professores entrevistados, percebemos que dificilmente ao utilizar o laboratório de informática conseguiriam desenvolver uma abordagem construtivista se não possuírem o mínimo domínio do computador.” (FREDERICO, GIANOTTO, 2016, p.152).

Criou-se, em 2004 no Estado do Paraná, a Coordenação Regional de Tecnologia na Educação (CRTE), com intuito de promover formação continuada aos professores da rede. Frederico e Gianotto (2016, p.156) levantaram dados da ação do CRTE no Núcleo Regional de Educação (NRE) de Campo Mourão: “[...] no período de 2011, o total de professores atendidos pela CRTE, 504 (quinhentos e quatro), representa uma taxa de 22% dos 2300

(dois mil e trezentos) professores desse NRE e, destes, 160 (cento e sessenta) participaram de alguma oficina de *software*”.

2.5 Softwares Educacionais e o Ensino de Física

Uso das TIC vem se firmando como recurso pedagógico inerente à educação básica. O Ministério da Educação, através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2015), definiu em seu edital de abertura que as obras deverão ser oferecidas através de livros impressos e livros digitais, destacando-se os itens:

[...] 4.2.2. Os livros digitais deverão apresentar o conteúdo dos livros impressos correspondentes integrados a objetos educacionais digitais, e 4.2.3. Entende-se por objetos educacionais vídeos, imagens, áudios, textos, gráficos, tabelas, tutoriais, aplicações, mapas, jogos educacionais, animações, infográficos, páginas web e outros elementos (MEC–FNDE, 2013).

A incorporação de recursos educacionais digitais tornou-se, então, parte do material didático ofertado pela União aos estudantes do Ensino Público e a adoção exclusiva dos livros digitais é uma tendência para um futuro próximo. Tal tecnologia está disponível não só como recurso didático, mas também como agente transformadora, pois o professor passa de detentor do conhecimento para mediador e organizador, aquele que incentiva a pesquisa e a analisa criticamente.

Além de materiais digitais que acompanham os livros didáticos, existe à disposição dos professores uma considerável gama de recursos que podem auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Neste trabalho, vamos utilizar como *Softwares Educacionais*, os simuladores, que irão dar significados ao estudo da Estática, e proporcionar aos alunos atividades motivadoras, que promovam sua criatividade e autonomia. Conceitualmente *softwares* “são programas que fazem a mediação de comunicação entre um sistema informático e seus usuários. É a parte lógica do computador”. Já o “software educacional é aquele que pode ser usado para algum objetivo educacional qualquer que a natureza ou finalidade para a qual tenha sido criado” (LEITE, 2015, p.175-176).

Segundo Frederico e Gianotto (2016)

[...] os simuladores e animações são uma poderosa ferramenta pedagógica pelo fato de permitirem a visualização gráfica e processos interativos com conteúdos disciplinares em estudo. As simulações e animações auxiliam os alunos a construir seu conhecimento de uma forma mais dinâmica e interativa e proporcionam aos professores a inovação de suas práticas pedagógicas (FREDERICO E GIANOTTO, 2016, p. 97-98).

Assim, o uso de simuladores em Física é importante para retirar as dúvidas e confusões que a maioria dos alunos apresenta em uma aula tradicional em sala de aula, proporcionando assim uma melhor capacidade de apropriação do conhecimento.

No que compete ao ensino de Física, destacamos aqui três repositórios que reúnem simuladores e animações extremamente úteis como ferramenta de aprendizagem. O portal dia a dia educação <www.diaadiaeducacao.pr.gov.br> disponibiliza recursos didáticos digitais divididos por disciplinas e que podem ser utilizados *online* por alunos e educadores. O portal PhET <http://phet.colorado.edu/pt_BR/>, vinculado à Universidade de Colorado, Estados Unidos, disponibiliza gratuitamente uma ampla diversidade de simuladores e por fim, a plataforma Wolfram Education, <http://demonstrations.wolfram.com/index.html>, que reúne simuladores nas diversas áreas de conhecimento, inclusive para o ensino superior. Neste nosso trabalho, escolhemos simuladores Balançando do PhET e Corpo Suspenso por dois Cabos, presente na plataforma Wolfran Education.

Como nosso trabalho é uma atividade investigativa de aprendizagem como um todo, optamos, por utilizar uma Sequência Didática completa com a utilização de software de simulação, que permite a interação ativa do aluno.

2.6 Descrição dos Softwares Utilizados

Foi escolhido dois *softwares* para a pesquisa: *Weight Suspended By Two Cables* um recurso educacional disponível no repositório *Wolfram Alpha*, no sítio *Wolfram Demonstration Projects*¹, projeto desenvolvido pela Wolfram Research, empresa criada em 1987 e especializada no desenvolvimento de *softwares* e incubadora de inovações técnicas e científicas, e *Balançando*, também um recurso aberto disponível no repositório PhET Colorado, no sítio

¹ <http://demonstrations.wolfram.com/index.html>

.*Phet Interactive Simulations*², projeto desenvolvido PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder, criada em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, onde cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências.

As duas plataformas contam com seções inteiramente destinadas a recursos educacionais, com campos voltados ao uso de simuladores educacionais de aplicação tanto na escola básica quanto no ensino superior. Há uma enorme variedade de simuladores, que não são necessariamente de física, onde os usuários podem acessá-los virtualmente de formas diversas tais como computadores de mesa, computadores portáteis e, também, dispositivos móveis IOS.

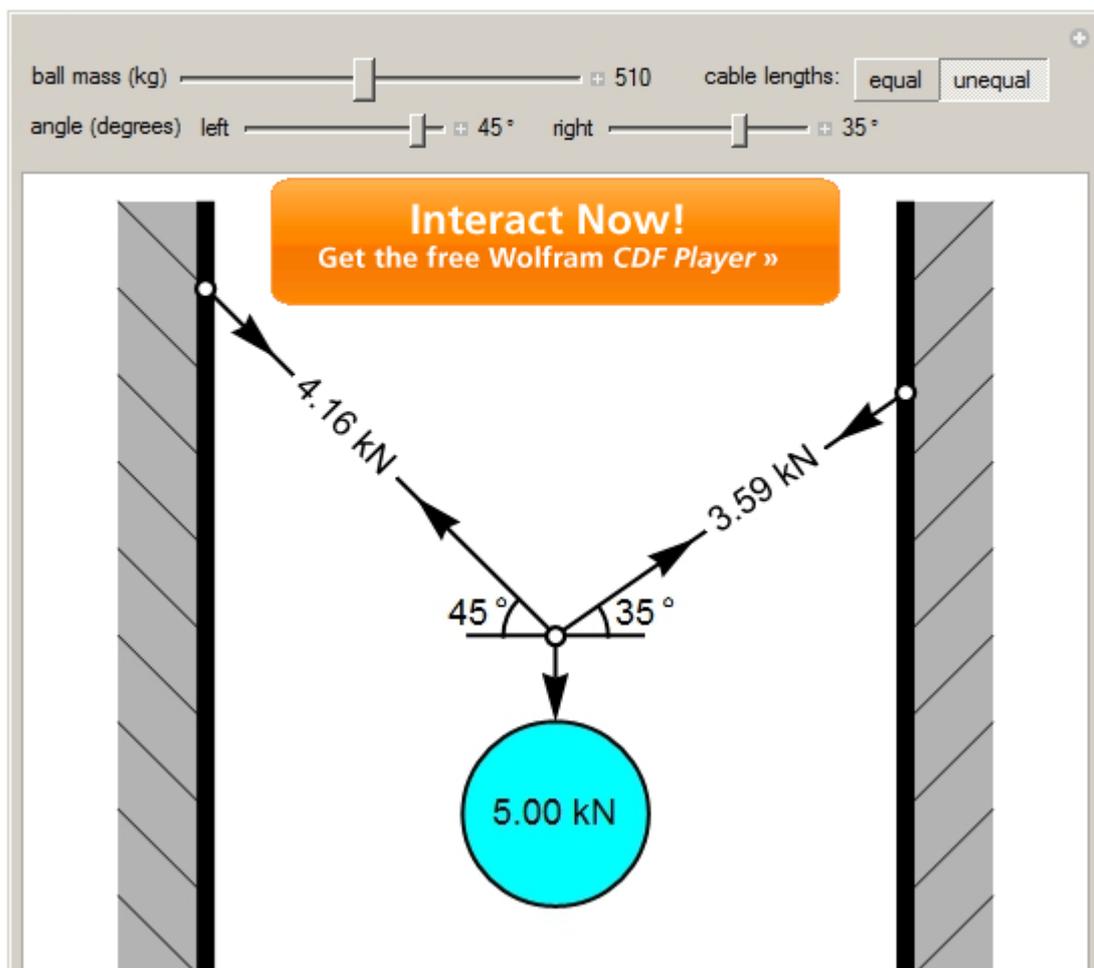
Para a utilização dos simuladores da Wolfram, se faz necessário a instalação de um programa específico, o *CDF Player*, desenvolvido também pela empresa Wolfram, que realizará a leitura de extensão *cdf* (*computer document format* ou formato de documento de computador). Para a utilização do Balançando, não há necessidade de nenhum programa adicional, basta possuir a internet disponível, que o simulador abrirá com eficiência.

A figura 1 mostra a tela de apresentação do simulador, com seus botões de fácil manuseio. Logo abaixo do *software*, há uma breve demonstração das equações utilizadas para a simulação, porém em língua inglesa. Ao lado direito aparece outras simulações relacionadas a esta simulação como sugestão ao usuário.

² https://phet.colorado.edu/pt_BR/

Figura 1 - Interface inicial do software Weight Suspended By Two Cables

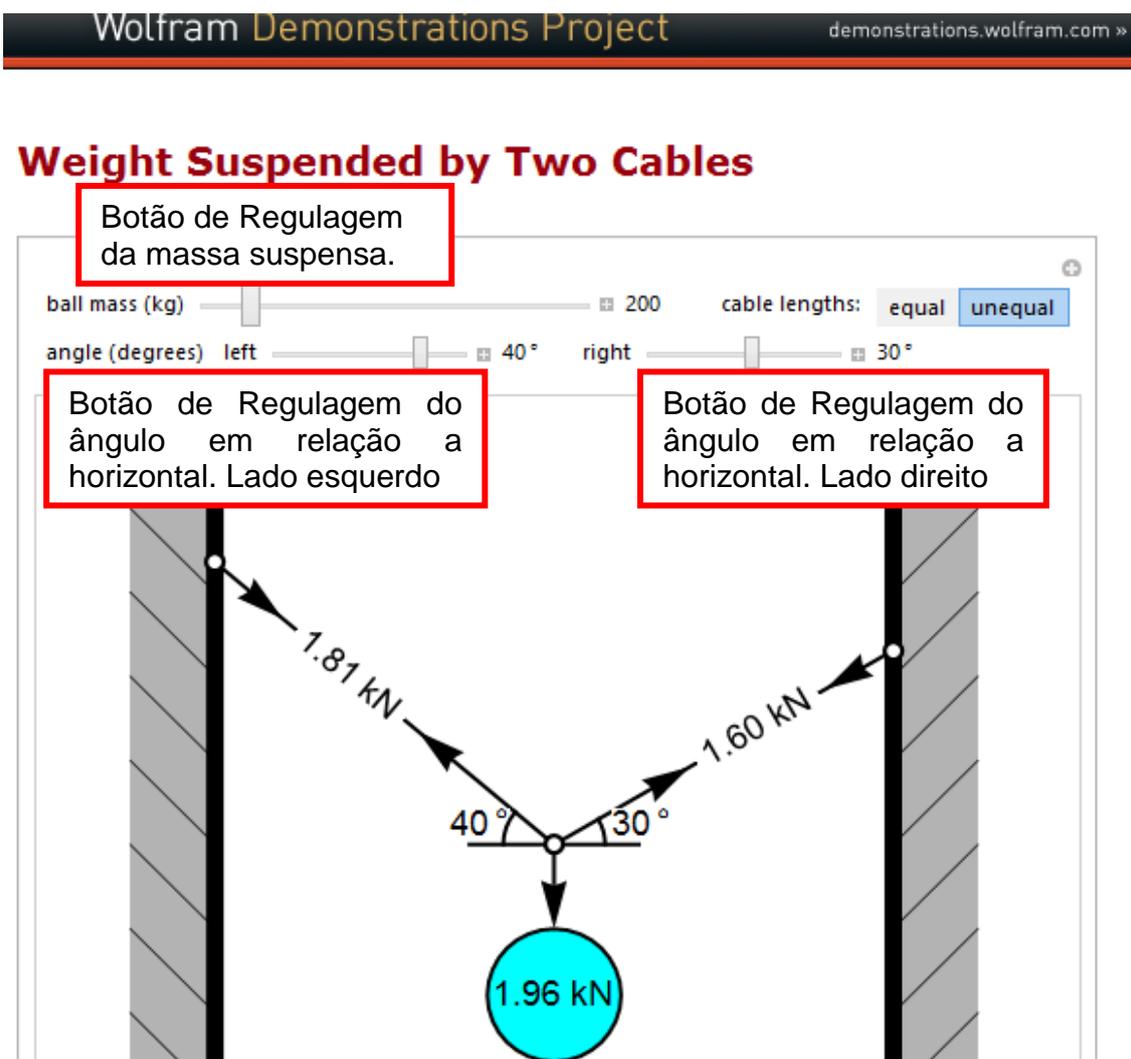
Weight Suspended by Two Cables



Fonte: Web 1.

Na figura 2 abaixo, temos a aparência do simulador, com botões de fácil manuseio, para simulações envolvendo trocas de massas do corpo suspenso pelos dois fios, bem como a possibilidade de alterações dos ângulos em relação a horizontal, de zero a cinquenta graus e massa suspenso variando de cem a mil quilogramas. Os valores simulados aparecem imediatamente na própria figura.

Figura 2: Aparência inicial do simulador Peso sustentado por dois cabos



Fonte: Web 2

A apresentação do simulador balançando do PhET é mostrada na figura 3, onde podemos observar que para dar início a simulação basta apertar o botão *play*, localizado no centro da figura. Além da simulação do balançando, há do lado esquerdo uma gama de simulações possíveis presentes no PhET Colorado.

Figura 3- Interface inicial do software Balançando.

Simulações

- ▶ Novas Sims
 - HTML5
- ▶ Física
 - ▶ Movimento
 - Som & Ondas
 - Trabalho, Energia & Potência
 - Calor & Termometria
 - Fenômenos Quânticos
 - Luz & Radiação
 - Eletricidade, Ímãs & Circuitos
 - Biologia
 - Química
 - Ciências da Terra
- ▶ Matemática
 - Conceitos Matemáticos
 - ▶ Aplicações
 - Matemáticas

Balançando

Equilíbrio
Raciocínio Proporcional
Torque

DOE

PhET é apoiada por

e educadores como você.

Sim Original (Java ou Flash)

SOBRE
PARA PROFESSORES
TRADUÇÕES
SIMULAÇÕES RELACIONADAS
REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)

Fonte: Web 3

Nesta simulação, o professor ou usuário pode manusear possibilidades diversas, desde a introdução, um laboratório ou um jogo interativo. Em todas as simulações há possibilidade de se trabalhar com marcadores de massa, forças no objeto e marcadores de nível. O objetivo é sempre o mesmo, manter o equilíbrio das massas colocadas na alavanca.

Figura 4 - Interface inicial do software Balançando.

Possibilidades de demonstrações de régua, nível, entre outros.

Botão de verificação

10 kg

5 kg 5 kg

Meters

Balancing Act

Fonte: Web 4

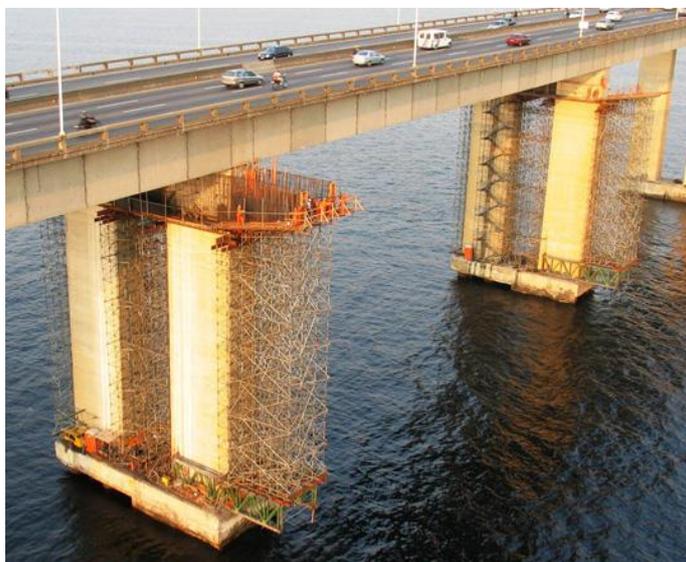
Note na figura 4 que o objetivo é sempre simular o equilíbrio, para isso, os participantes da pesquisa devem inserir as massas restantes nas posições corretas, para que a alavanca permaneça nivelada, quando se aperta o botão de verificação.

3 UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ESTÁTICA

Estática é o ramo da física que investiga as propriedades que se encontram em equilíbrio quando os corpos estão sob a ação de forças ou torques. De acordo com a segunda lei de Newton, nestes casos a aceleração destes sistemas é nula.

Na construção civil, os conceitos de Estática são fundamentais, e talvez um dos mais importantes, já que um prédio ou uma ponte (figura 5), por exemplo, não podem se movimentar, caso isso aconteça, com certeza iria comprometer toda a estrutura da construção.

Figura 5: Ponte



Fonte: Web 1

Mas não é apenas na construção civil que vemos a importância da estática. Podemos citar a importância do cálculo do centro de massa durante o projeto para a fabricação de um ônibus ou de caminhões, que são meios de

transportes altos, e para que se estabilizem devem possuir centros de massas o mais baixo possível, para que os mesmos não tombem. Em astronomia é utilizado para localizar planetas ou buracos negros, já que não podem ser vistos. Estrelas que parecem girar em torno do "nada" estão, na verdade, orbitando o centro de massa do sistema estrela/buraco-negro.

3.1 Determinação da Força Resultante

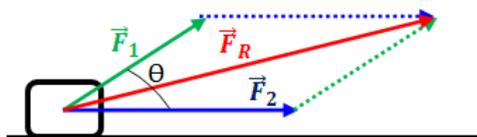
A resultante de um sistema de forças aplicadas num ponto material é a força que, aplicada nesse ponto, produz o mesmo efeito que o sistema de forças. Uma força é uma quantidade vetorial, pois possui intensidade, direção e sentido especificados. Assim, podemos dizer que a força resultante sobre uma partícula de massa m , é a soma vetorial de todas as forças que agem sobre essa partícula.

Esta soma vetorial pode ser executada por dois processos.

1º) Lei do paralelogramo: Se sobre a partícula atuar apenas duas forças pode-se utilizar este processo para determinar a força resultante.

A lei do paralelogramo consiste em transladar um dos vetores até que a origem coincida com a origem do outro vetor e, por fim, construir um paralelogramo. O vetor resultante será dado pela diagonal do paralelogramo, como na figura 6.

Figura 6: Representação da operação de adição pela regra do paralelogramo.



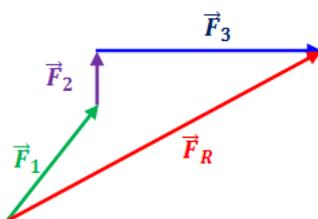
$$|\vec{F}_R|^2 = |\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2 + 2 \cdot |\vec{F}_1| \cdot |\vec{F}_2| \cdot \cos\theta \quad (\text{Equação 1})$$

Fonte: o autor (2017).

2º) Lei do polígono: Se sobre a partícula atuar mais de duas forças pode-se utilizar este processo para determinar a força resultante.

A lei do polígono consiste em colocar a origem de um vetor coincidente com a extremidade do outro vetor, faz-se isso para a quantidade total de vetores que se deseja somar. O vetor chamado resultante é o vetor que une o as duas extremidades para fechar o polígono, sempre partindo do primeiro vetor, como na figura 7.

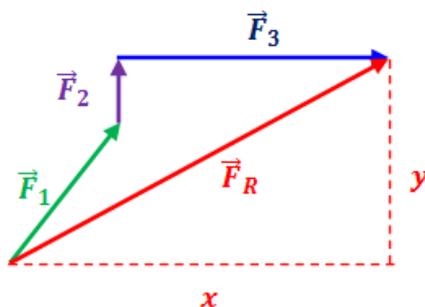
Figura 7: Polígono formado pela soma vetorial



Fonte: o autor (2017).

Note que após terminarmos ocorre a formação de um polígono. e o módulo do vetor resultante pode ser determinado de acordo com a figura 8.

Figura 8: Triângulo retângulo formado para determinação do vetor resultante



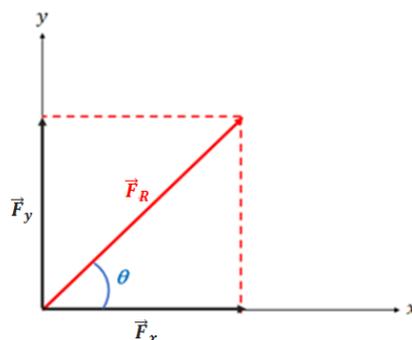
Fonte: o autor (2017).

$$|\vec{F}_R| = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Vimos que duas ou mais forças que atuam sobre uma partícula podem ser substituídas por uma força única que tem o mesmo efeito sobre a partícula. Reciprocamente, uma força \vec{F} que atua sobre uma partícula pode ser substituída por duas ou mais forças que, juntas tem o mesmo efeito sobre a partícula. Essas forças são chamadas de componentes da força original \vec{F} , e o processo de substituição por estas componentes é denominado decomposição dos componentes da força \vec{F} . O paralelogramo desenhado para se obter os dois componentes é um retângulo, e F_x e F_y são chamados de componentes retangulares.

Os eixos x e y geralmente são dispostos na horizontal e na vertical, respectivamente, como mostrado na figura 9. No entanto, também podem ser dispostos em duas direções perpendiculares quaisquer.

Figura 9: Representação das coordenadas de um vetor



Fonte: o autor (2017).

Vamos considerar o triângulo formado abaixo da força resultante, na figura 9. A partir dele temos que:

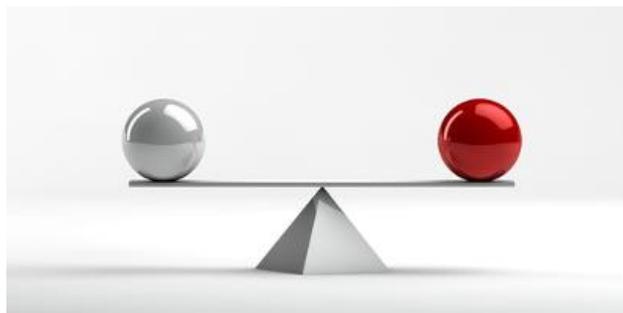
$$\text{sen } \theta = \frac{CO}{hip} = \frac{F_y}{F_R} \rightarrow F_y = F_R \cdot \text{sen} \theta \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{cos } \theta = \frac{CA}{hip} = \frac{F_x}{F_R} \rightarrow F_x = F_R \cdot \text{cos} \theta \quad (\text{Equação 4})$$

3.2 Equilíbrio Estático

Dizemos que um corpo encontra-se em equilíbrio, quando a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo é igual a zero, ou seja, a força resultante sobre o corpo é nula.

Figura 10: Representação de objetos em equilíbrio estático



Fonte: Web 2

Nesse caso, o efeito resultante das forças atuantes sobre o corpo é nulo, e diz-se que a partícula está em equilíbrio. Temos, então, a seguinte definição: *Quando a resultante de todas as forças que atuam sobre uma partícula é igual a zero, a partícula está em equilíbrio.* Esta condição é necessária para satisfazer a primeira lei de movimento de Newton.

$$\sum \vec{F}_R = 0 \quad (\text{Equação 5})$$

A definição matemática acima não é apenas uma condição necessária do equilíbrio, é também uma condição suficiente. Isso decorre da segunda lei de Newton, a qual pode ser escrita como $\sum \vec{F}_R = m\vec{a}$. Como o sistema de forças em equilíbrio satisfaz a equação, $m\vec{a} = 0$ e, portanto a aceleração da partícula $\vec{a} = 0$. Consequentemente, a partícula move-se com o vetor velocidade constante ou permanece em repouso.

O equilíbrio de um corpo pode ser classificado em três tipos:

- Equilíbrio estável: quando o corpo realiza um pequeno deslocamento em relação a sua posição de equilíbrio ao ser abandonado, ele retorna à posição inicial, devido ao seu peso.

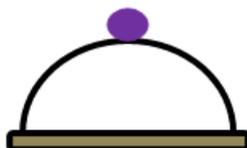
Figura 11: Representação de um objeto em equilíbrio estável



Fonte: O autor (2017)

- Equilíbrio instável: quando o corpo realiza um pequeno deslocamento em relação a sua posição de equilíbrio ao ser abandonado, ele se afasta ainda mais de posição inicial, devido ao seu peso.

Figura 12: Representação de um objeto em equilíbrio instável



Fonte: O autor (2017)

- em relação a sua posição de equilíbrio ao ser abandonado, ele permanece em equilíbrio na nova posição, devido ao seu peso, que nesse caso será sempre perpendicular à superfície.

Figura 13: Representação de um objeto em equilíbrio indiferente



Fonte: O autor (2017)

3.3 Diagrama de Corpo Livre

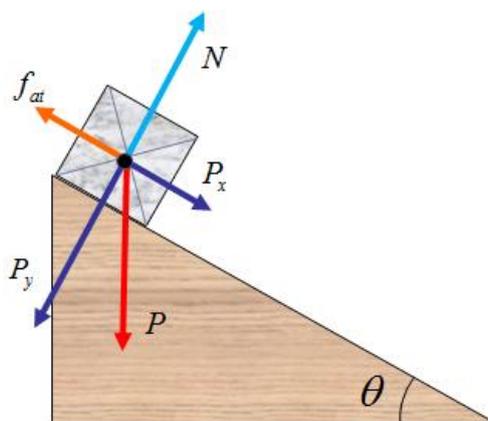
Quando nos deparamos com um problema de Física que envolve sistema de forças, antes de resolver o problema, é de fundamental importância a identificação de todas as forças relevantes envolvidas no problema. Para facilitar a visualização destas forças, devemos separar os corpos envolvidos no problema e em seguida desenhar um diagrama de corpo livre ou diagrama de

forças para cada corpo, que é um esquema simplificado envolvendo todas as massas e forças do problema.

Traçar um diagrama de corpo livre é o primeiro passo na solução de um problema que envolva o equilíbrio de uma partícula. Esse diagrama representa a partícula e todas as forças que atuam sobre ela. Devemos indicar no diagrama de corpo livre às intensidades das forças conhecidas, bem como, qualquer ângulo ou dimensões que definam a direção de uma força.

Qualquer intensidade ou ângulo desconhecido deve ser representado por um símbolo apropriado. Nada mais deve ser incluído no diagrama.

Figura 14: Diagrama de corpo livre de um corpo num plano inclinado



Fonte: O autor (2017)

3.4 Centro de Gravidade

A definição do conceito de centro de gravidade é atribuída a Arquimedes (287 a.C. - 212 a.C.), embora este conceito não apareça definido explicitamente em nenhum de seus trabalhos ainda existentes. Por outro lado, Heron (primeiro século d.C.), Pappus (terceiro século d.C.) e Simplicio (sexto século d.C.), que tiveram acesso às obras de Arquimedes hoje perdidas, apresentam em seus trabalhos que chegaram até nós algumas informações sobre como Arquimedes pode ter definido este conceito. Em termos modernos este conceito pode ser definido com as seguintes palavras:

“O centro de gravidade de um corpo rígido é o ponto tal que, se imaginarmos o corpo suspenso por este ponto e com liberdade para girar em todos os sentidos ao redor deste ponto, o corpo assim sustentado permanecerá

em repouso e preservará sua posição original, qualquer que seja a orientação do corpo em relação à Terra.”

Quando este ponto se localiza no espaço vazio (o centro de uma arruela, por exemplo) é necessário supor uma conexão rígida ligando o centro de gravidade ao corpo para imaginá-lo sustentado por este ponto.

Nos livros didáticos, o centro de gravidade é descrito em uma observação no decorrer do texto: “O ponto de aplicação do peso de um corpo extenso é chamado centro de gravidade (CG). Para os corpos homogêneos e que apresentam simetria, o centro de gravidade coincide com o centro geométrico”. Nesse caso o centro de gravidade também é chamado de centro de massa.

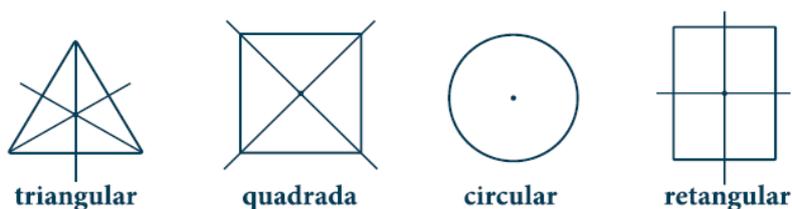
Pode-se ainda afirmar que “quanto mais baixo estiver o centro de gravidade com relação à superfície e quanto maior for a base de apoio, maior é a estabilidade do corpo”.

3.5 Centro de Massa

Mesmo quando um corpo gira ou vibra, existe um ponto nesse corpo, chamado centro de massa, que se desloca da mesma maneira que se deslocaria uma única partícula. Ainda que o sistema não seja um corpo rígido, mas um conjunto de partículas pode ser definido para ele um centro de massa como veremos adiante.

De um modo geral, podemos pensar no centro de massa de um corpo como sendo o ponto em que poderíamos concentrar toda sua massa. Em objetos simétricos o centro de massa coincide com o centro geométrico dos objetos, como na figura 15.

Figura 15: Centro de massa de objeto simétrico

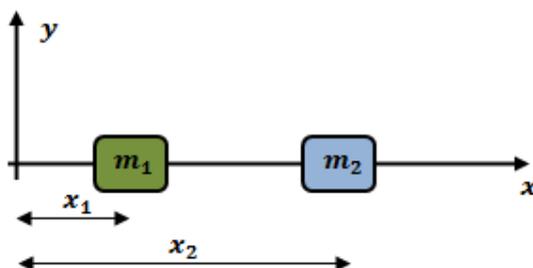


Fonte: O autor (2017)

3.6 Sistemas de Partículas - Uma dimensão

Vamos definir inicialmente a posição x_{CM} do centro de massa para um sistema composto de duas partículas de massas m_1 e m_2 e que ocupam as posições x_1 e x_2 .

Figura 16: Representação das posições dos centros de massa de duas partículas em relação ao eixo x.



Fonte: O autor (2017)

$$x_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{m_1 + m_2} \quad (\text{Equação 6})$$

Generalizando para duas dimensões temos:

$$x_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} \quad (\text{Equação 7})$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} \quad (\text{Equação 8})$$

3.7 Momento de uma Força (TORQUE)

Quando um corpo está sujeito à ação de forças resultantes não nulas, o mesmo pode adquirir tanto movimento de translação quanto de rotação. Sendo assim, podemos definir o momento de uma força ou torque, como sendo uma grandeza vetorial associada ao fato de uma força fazer com que um corpo (ou objeto) gire ao redor de um eixo, como no caso da figura 17.

Figura 17: Gangorra

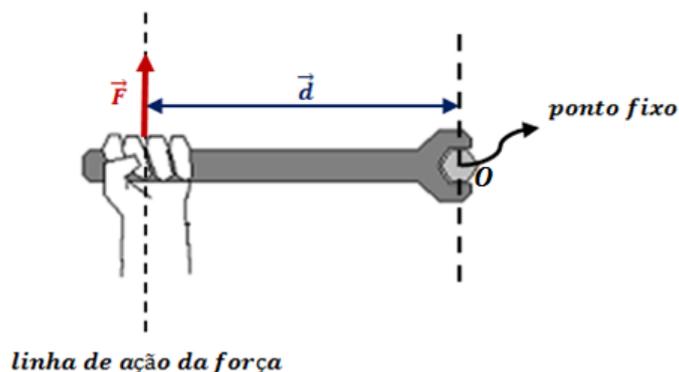


Fonte: Web 3

Define-se Momento de uma Força como a tendência de uma força F fazer girar um corpo rígido em torno de um eixo fixo. O Momento depende do módulo de F e da distância de F ao eixo fixo.

Considere uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto O , como indicado na figura 18.

Figura 18: representação de uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto O



Fonte: O autor (2017)

A força \vec{F} é representada por um vetor que define seu módulo, direção e sentido. O vetor \vec{d} é a distância perpendicular de O (ponto fixo) à linha de ação da força (reta que contém o vetor força). Define-se o momento escalar do vetor F em relação a O , como sendo:

$$M = \pm F \cdot d \quad (\text{Equação 9})$$

Onde,

M = momento escalar do vetor \vec{F} em relação ao ponto O

O = polo ou centro de momento (ponto fixo): É um ponto de referência, em relação a linha de ação da força aplicada.

d = distância perpendicular de O à linha de ação de F , também chamada de braço da força.

A unidade de momento de uma força (torque) no sistema internacional de unidades é o N.m.

Importante!

Se a linha de ação da força contém o polo (ponto fixo), o braço da força é nulo, em relação a esse polo, logo, o momento da força também é nulo.

O momento M é sempre perpendicular ao plano que contém o ponto O . O sentido de M é definido pelo sentido de rotação imposto pelo vetor F .

Convenciona-se momento positivo se a força F tender a girar o corpo no sentido anti-horário e negativo, se tender a girar o corpo no sentido horário, como figura 19.

Figura 19: Convenção do momento de uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto

O

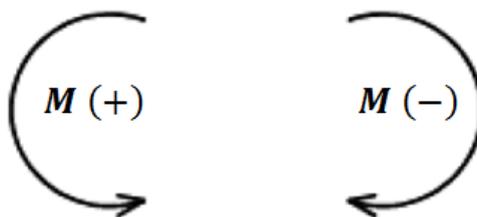


Figura 19: Convenção do momento de uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto

O

Fonte: O autor (2017)

Para que um corpo extenso esteja em equilíbrio não basta que a soma vetorial de todas as forças seja nula ($\vec{F}_R = 0$), é necessário também que a soma vetorial de todos os momentos associados às forças que atuam no corpo seja nulo ($\vec{M}_R = 0$).

3.8 Equilíbrio Estático do Corpo Extenso

Um corpo extenso, sujeito à ação de várias forças, está em equilíbrio estático quando não está sofrendo nem movimento de translação nem movimento de rotação, em relação a um referencial.

Para que isso aconteça, temos duas condições necessárias:

- 1ª) A primeira condição é a que garante o equilíbrio de translação do corpo. A soma vetorial de todas as forças externas que agem no corpo deve ser nula.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots + \vec{F}_n = 0 \quad (\text{Equação 10})$$

- 2ª) A segunda condição é a que garante o equilíbrio de rotação do corpo. A soma vetorial dos momentos dessas forças deve ser nula, independentemente do polo considerado.

$$\vec{M}_R = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 \dots + \vec{M}_n = 0 \quad (\text{Equação 11})$$

Importante!!

Se o corpo em equilíbrio não for um corpo extenso, for um ponto material, basta a primeira condição.

3.9 Alavanca, Roldana, Plano Inclinado e Parafusos

Alavanca

Alavanca é um objeto rígido que é usado com um ponto fixo apropriado (fulcro) para multiplicar a força mecânica que pode ser aplicada a outro objeto (resistência), denominado, também *vantagem mecânica*, e é um exemplo do princípio dos momentos. O princípio da força de alavanca pode também ser analisado usando as leis de Newton. A alavanca é uma das seis máquinas simples. O princípio da alavancagem foi descoberto por Arquimedes no século III a.C., estudando as máquinas "Arquimedianas": alavanca, roldana, e parafuso.

Os elementos de uma alavanca

Toda alavanca é composta por três elementos básicos:

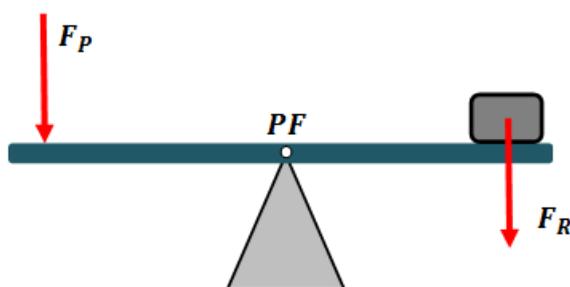
- **PF** – ponto fixo, em torno do qual a alavanca pode girar;
- **F_P** – força potente, exercida com o objetivo de levantar, sustentar, equilibrar, etc.
- **F_R** – força resistente, exercida pelo objeto que se quer levantar, sustentar, equilibrar, etc.

Os tipos de alavancas

Podemos classificar as alavancas de acordo com o elemento que fica entre os outros dois pontos restantes. Seus nomes são: interfixa, interpotente e inter-resistente.

Dizemos que uma alavanca é do tipo interfixo quando o ponto fixo ocupa um lugar qualquer entre a força potente e a força resistente, como mostra a figura 20.

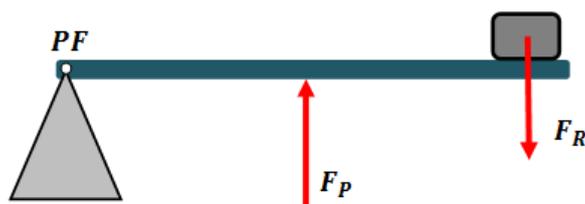
Figura 20: Alavanca é do tipo interfixa



Fonte: O autor (2017)

Uma alavanca é considerada como sendo do tipo interpotente quando a força potente está localizada em algum lugar entre a força resistente e o ponto fixo. Veja a figura 21.

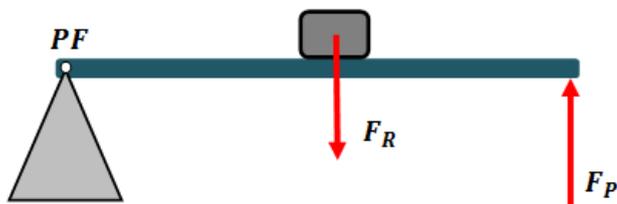
Figura 21: Alavanca é do tipo interpotente



Fonte: O autor (2017)

Uma alavanca é considerada como sendo inter-resistente quando a força resistente se encontra em algum lugar entre a força potente e o ponto fixo. Veja a figura 22.

Figura 22: Alavanca é do tipo inter-resistente



Fonte: O autor (2017)

Para resolver os exercícios envolvendo alavancas, ou a determinação das reações de apoio, basta aplicar as duas condições de equilíbrio estudadas até aqui. Logo, têm-se as equações fundamentais da estática:

- Equilíbrio de translação - $\vec{F}_R = 0$ (Equação 12)
- Equilíbrio de rotação - $\vec{M}_R = 0$ (Equação 13)

Roldanas ou Polias

As roldanas, também conhecidas como polias, são máquinas simples utilizadas para facilitar a execução de um trabalho. São constituídas de um disco giratório feito de um material rígido, metal, plástico ou madeira, dotado de canal na periferia que gira em torno de um eixo central, como mostra a figura 23.

Figura 23: Alavanca é do tipo inter-resistente



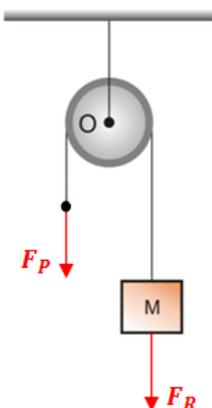
Fonte: Web 4

A polia é acionada por uma corda, fio ou corrente metálica, que é colocada sobre seu eixo central, transferindo movimento e energia para um objeto que se deseja levantar.

Tipos de polias

As polias podem ser classificadas em dois tipos: fixas ou móveis.

- Polia fixa: é a polia que tem seu eixo preso a um suporte rígido, que lhe permite apenas o movimento de rotação, impedindo qualquer translação. As forças agem nos extremos do fio, como na figura 24.

Figura 24: Polia fixa

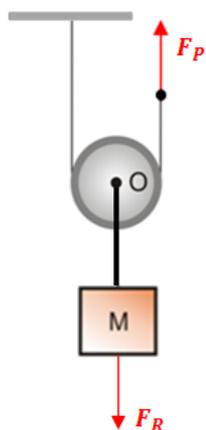
Fonte: O autor (2017)

Na polia fixa, o eixo central é preso a um suporte de tal forma que se estabelece um equilíbrio entre as duas forças, sendo assim, a força potente e a força resistente são iguais:

$$F_P = F_R$$

(Equação 14)

- Polia móvel: é aquela cujo eixo é livre, permitindo rotações e translações. Apoia-se sobre o próprio fio e a força resistente é aplicada no eixo da polia, enquanto a força potente age no extremo do fio livre.

Figura 25: Polia móvel

Fonte: O autor (2017)

Na polia móvel o eixo pode ser deslocado com a força resistente. Nesse caso, para que se estabeleça o equilíbrio, a força potente deve ser igual à metade da força resistente, para cada polia móvel:

$$F_P = \frac{1}{2} F_R$$

(Equação 15)

Assim, para n polias móveis têm:

$$F_P = \frac{F_R}{2^n}$$

(Equação 16)

onde n é o número de polias móveis.

Os dois tipos de roldanas ainda podem ser combinados para formar uma única peça, o cadernal ou moitão, conforme a figura 26:

Figura 26: Representação de um cadernal ou moitão



Fonte: Web 5

A economia de força das roldanas é utilizada em vários instrumentos comuns ao nosso cotidiano, como nos guindastes, elevadores, na construção civil para levantar materiais, entre outros.

Figura 27: Representação de um guindaste utilizado na construção civil

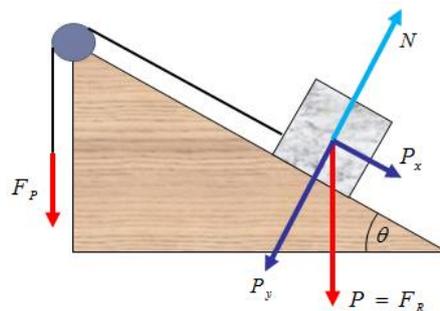


Fonte: Web 6

Plano Inclinado

O plano inclinado deixa claro seu próprio nome, nada mais é do que um plano que forma com a linha do horizonte um ângulo compreendido entre 0° e 90° (diferente desses valores extremos) e destinado a deslocar ou equilibrar cargas, figura 28.

Figura 28: Representação de um plano inclinado



Fonte: O autor (2017)

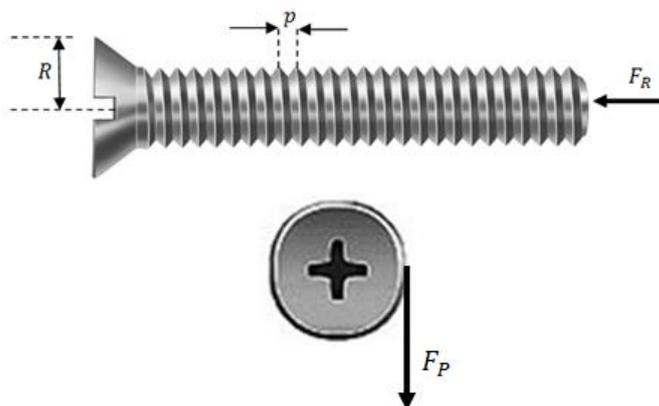
Nesse caso a condição de equilíbrio nos permite inferir que:

$$F_P = F_R \cdot \text{sen}\theta \quad (\text{Equação 17})$$

Parafusos

Trata-se, também, de uma aplicação do plano inclinado, porém em forma de espiral em torno de um eixo. Chamamos de passo do parafuso à distância entre um filete e outro consecutivo da rosca, medida paralelamente ao eixo do parafuso (figura 29). Como máquina simples, a função do parafuso é unir ou separar corpos.

Figura 29: Representação de um plano inclinado



Fonte: O autor (2017)

Assim, na condição de equilíbrio temos:

$$F_P = F_R \cdot \frac{p}{2\pi R} \quad (\text{Equação 18})$$

Onde, p é o passo do parafuso e R é o raio da "cabeça" dele.

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo será apresentado o encaminhamento metodológico desse trabalho, caracterizado como qualitativo. Segundo Suassuna (2008, p.348), “numa abordagem qualitativa, o pesquisador coloca interrogações que vão sendo discutidas durante o próprio curso da investigação” além de estar atento à “multiplicidade de dimensões de uma determinada situação ou problema e após a análise dos dados, ele lança possibilidades de explicação da realidade” (SUASSUNA, 2008, p.350).

Neste tipo de análise, a autora salienta:

[...] a teoria vai sendo construída e reconstruída no próprio processo de pesquisa, o mesmo se dando com as opções metodológicas, que vão sendo gradualmente explicadas e redefinidas. A análise ocorre paralelamente à observação na medida em que o pesquisador seleciona aspectos que devem ser explorados e decide quais os que devem ser abandonados. Assim, as categorias analíticas podem derivar diretamente da teoria que respalda a pesquisa ou surgir do próprio conteúdo dos dados sob análise (SUASSUNA, 2000, p.343).

Outra vantagem de dados sobre o aspecto qualitativo, é que ele nos permite aprender o caráter complexo e multidimensional dos fenômenos educacionais, além de prestar-se a captar diferentes significados das experiências vividas e auxiliarem na compreensão das relações entre indivíduos, seus contextos e ações.

O foco desta pesquisa será a interpretação dos dados e não a sua quantificação. Flick (2009) releva a importância dos aspectos a serem observados como “a apropriabilidade de métodos e teorias; as perspectivas dos participantes e sua diversidade; a reflexibilidade do pesquisador e da pesquisa; além da variedade de abordagens e métodos na pesquisa qualitativa.” (FLICK, 2009, p.23).

Para assegurar tais aspectos teóricos, vamos propor uma sequência didática de observação e coleta de dados, definidas em diversas atividades propostas, na tentativa de garantir o encaminhamento satisfatório para a pesquisa, confirmar os dados coletados, e, sobretudo investigar de que forma a Mídia Digital para a disciplina de Estática pode contribuir no ensino de estática.

4.1 Os sujeitos de Pesquisa

Participaram desta pesquisa, trinta alunos do primeiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Paiçandu, na cidade de Paiçandu, Paraná, que de alguma forma contribuíram de forma significativa no encaminhamento metodológico. Trata-se de adolescentes na faixa etária entre quinze e dezoito anos de idade. Moradores da redondeza da escola, e que se conhecem desde as primeiras séries do ensino fundamental.

Antes de iniciar a pesquisas, foi feita uma consulta com a direção e a equipe pedagógica, apresentando o objetivo da mesma obtendo, assim, a permissão para utilizar as dependências da escola para realizá-la. Uma vez aceita pela escola, tomou-se o devido cuidado de não prejudicar o andamento das demais aulas, e que não prejudicasse o planejamento anual dos conteúdos a serem trabalhados com os alunos.

Para participar da pesquisa, foi escolhida a primeira série, turma B, justificando por serem mais presentes às aulas, e também mais participativos e interessados pelas aulas de física, mesmo não sendo uma turma homogênea. Contudo, todas as atividades referentes à pesquisa, também foram aplicadas as outras duas turmas do primeiro ano da escola, a turma A e C, porém os resultados para estas turmas não foram analisados. O período de aplicação do produto educacional foi o terceiro trimestre, correspondendo ao final de outubro e o início de novembro do ano de 2017.

A princípio, todos os alunos da turma fizeram parte do rol de observações e eram possíveis de serem analisados, porém isto não significa que todos os alunos estiveram presente em todos os dias de atividades referentes a pesquisa.

4.2 A Constituição dos Dados

A coleta de dados foi realizada em quatro encontros, realizados as sextas feiras, que constituem as aulas semanais de física, com duração de duas horas aula a cada dia. Foram propostas atividades em cada uma delas, seguindo a sequência didática planejada para a aplicação da mídia digital. Em algumas atividades pré-fixadas, foram registrados dados para a pesquisa, tais

como palavras que identificam o estado de equilíbrio, atividades de cálculos e simulações a respeito do tema, além das observações e impressões do pesquisador.

A organização das repostas dos alunos foi feita através das questões essenciais para melhor entendimento do problema de pesquisa. Dois pressupostos teóricos orientaram a análise e interpretação dos dados, a Análise Textual Discursiva (levantamento das categorias a partir de fragmentos de textos) e a Teoria da Ação Mediada (análise dos dados).

Ao final da implementação da proposta, todo o material gerado pelos estudantes durante a pesquisa foi transcrito e submetido à Análise Textual Discursiva (ATD), com objetivo de se buscar categorias presentes nas suas respostas.

4.3 Registro

Todas as aulas foram registradas através de fotos, sejam aulas expositivas em sala de aula, ou aulas de simulação no laboratório de informática da escola. O pesquisador usou como ferramenta um aparelho de celular para efetuar os registros.

Os participantes concordaram com os registros e tomou-se o cuidado de não expor os participantes.

4.4 Testando o Uso do Software na Escola

Uma das atividades mais importantes da sequência didática proposta, foi o uso de simuladores, que podem ser utilizados com o objetivo de dar liberdade ao aluno para levantar e testar suas hipóteses, bem como, verificar a teoria discutida em sala de aula.

Desta forma, foi feita a tentativa de se instalar o *Weight Suspended By Two Cables* (Suspensão de peso por dois cabos) com o programa CDF Player (de de extensão .exe), porém não me foi concedida a permissão por parte da escola com alegação de que apenas um responsável técnico do núcleo regional de ensino, poderia fazer tais modificações nos computadores do laboratório de informática. Para driblar esta dificuldade, o pesquisador utilizou o

seu computador próprio e o datashow da escola, projetando a simulação no quadro.

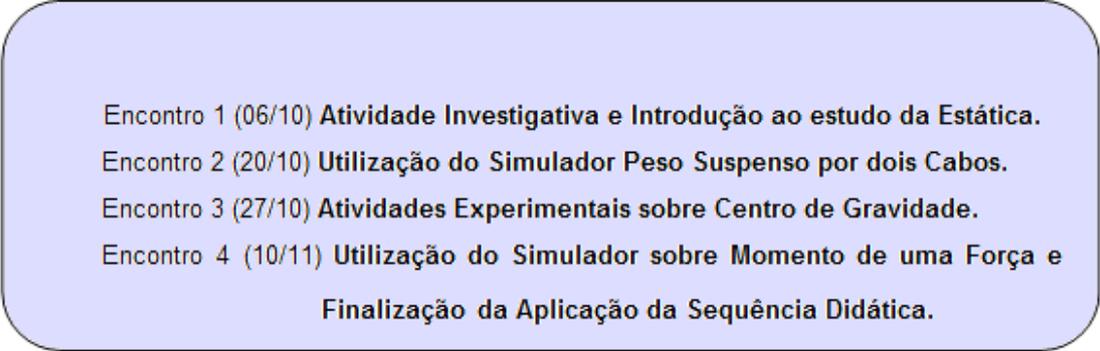
Uma segunda atividade proposta no laboratório de informática, também foi o uso do simulador Balançando do PHET Colorado. Porém, este ao ser testado, funcionou perfeitamente, pois não se tratava de um programa executável, e sim, um simulador presente na rede de internet, que roda mesmo no sistema operacional Linux, presentes nos computadores existentes no colégio.

4.5 O Espaço Físico Utilizado e Cronograma

As atividades realizadas nas pesquisas foram primeiramente realizadas em sala de aula, com o uso de recursos simples para que houvesse as atividades investigativas, discussões e aulas expositivas dos temas abordados na sequência didática. Outras atividades foram realizadas no laboratório de informática, com três grandes bancadas, com computadores disponíveis aos alunos, distribuídos em pequenos grupos por máquina.

A figura 36 resume as atividades a serem planejadas e inclui os encontros previstos para utilização da sequência didática.

Figura 30 - Resumo das atividades desenvolvidas na Escola.



Encontro 1 (06/10) **Atividade Investigativa e Introdução ao estudo da Estática.**
Encontro 2 (20/10) **Utilização do Simulador Peso Suspenso por dois Cabos.**
Encontro 3 (27/10) **Atividades Experimentais sobre Centro de Gravidade.**
Encontro 4 (10/11) **Utilização do Simulador sobre Momento de uma Força e**
Finalização da Aplicação da Sequência Didática.

Fonte: o autor (2017).

4.6 Descrição Detalhada dos Encontros

Durante as aulas foram abordados os seguintes conteúdos: Determinação da força resultante, Equilíbrio Estático, Diagrama de Corpo Livre, Centro de Gravidade, Centro de Massa, Momento de uma Força e Máquinas Simples.

Quadro 1: Quadro Sintético

AULA 01	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Apresentação da proposta ensino e aprendizagem a ser trabalhada durante oito horas aulas, com o objetivo do ensino de Estática. Apresentação da Atividade Investigativa: Escreva cinco palavras que você relaciona com equilíbrio.	O professor deverá propor aos alunos que citem e expliquem quais os motivos da escolha destas palavras em relação ao conceito de equilíbrio. Nesse instante também o professor poderá trabalhar o que é Estática propriamente dita com seus alunos, e caso sintam-se confortáveis com o assunto pode também trabalhar sua evolução histórica.	50 min
AULA 02	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Aula expositiva: Determinação da Força Resultante. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará como se determina a força resultante através de diferentes métodos: lei do paralelogramo e lei dos polígonos. Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	35 min
	Atividade Proposta de Avaliação.	Nesse instante, o professor trabalha com uma questão, para determinar o quanto seu aluno evoluiu, durante sua explicação expositiva sobre o tema proposto. Nesse instante, pode-se utilizar as ferramentas tecnológicas que possuem, tais como o celular, ou uma calculadora.	15 min
AULA 03	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Discussão Geral sobre o tema da aula 2, como retomada do assunto	Observar as dúvidas que os alunos apresentaram na resolução das atividades propostas	15 min
	Apresentação da Problematização: Visto o conceito da determinação da força resultante, quais as suas ideias acerca do estado de equilíbrio?	Neste instante, o professor age como mediador no debate com os alunos, no que diz respeito da atividade investigativa sobre o assunto.	5 min

	Aula expositiva: Equilíbrio Estático. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará os conceitos que levam os corpos ao estado de equilíbrio. Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	25 min
	Discussão Geral	O professor realizará com os alunos uma discussão sobre a teoria de equilíbrio. Esclarecendo possíveis dúvidas ou maiores curiosidades a respeito do conteúdo proposto.	5 min
AULA 04	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade prática I: Uso do simulador Equilíbrio estático - 1º momento: Laboratório de Informática.	O professor encaminhará os alunos ao laboratório de informática e apresentará o simulador de equilíbrio aos alunos, pedindo que façam simulações com massas diferentes, com angulações dos fios diferentes, com o objetivo da determinação das forças de tração nos fios.	30 min
	Atividade prática I: Uso do simulador Equilíbrio Estático -2º momento: Análise e discussão.	Ainda, com base no roteiro pré-estabelecido, o professor encaminhará a finalização da prática I por meio de questionamentos como forma de contextualizar a utilização do simulador do equilíbrio estático, aliando teoria e prática.	20 min
AULA 05	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade Investigativa: Discussão a respeito de Centro de Gravidade	Neste instante, caberá novamente ao professor o papel de intermediador sobre o tema em questão, que nesse caso é o centro de gravidade. Perguntar aos alunos sua ideia primitiva sobre o tema.	5 min
	Atividade Experimental de Centro de Gravidade. Uso do Datashow, computador, e materiais para as práticas.	O professor apresenta duas atividades experimentais investigativas, através de vídeos contidos na Mídia, explicando aos alunos o procedimento a ser adotado: Atividade I – Investigação do centro de gravidade num sistema garfos-palito de dente e Atividade II, Investigação do centro de gravidade num sistema de conjunto de pregos.	25 min
	Aula expositiva: Centro de Gravidade. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará os conceitos que determinam a posição do centro de gravidade. Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	20 min

AULA 06	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade Investigativa: Discussão a respeito de Momento de uma força	Cabe ao professor, perguntar aos alunos, se os conceitos apresentados até este instante, já são suficientes para afirmar que os corpos estão em equilíbrio, ou se mais alguma condição se faz necessária.	5 min
	Aula expositiva: Momento de uma Força. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará o conceito de momento de uma força (torque). Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	25min
	Apresentação de um vídeo do telecurso 2 ^o Grau, sobre Momento de uma Força.	Neste instante, cabe ao professor apenas a apresentação do vídeo.	20 min
AULA 07	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade prática II: Uso do simulador de Momento de uma Força 2 ^o momento: Laboratório de Informática.	O professor encaminhará os alunos ao laboratório de informática e apresentará o simulador de momento de uma força (PHET Colorado), pedindo que façam simulações que trazem a prancha ao estado de equilíbrio, utilizando massas em diferentes pontos, mostrando aos alunos como se determina o estado de equilíbrio. Neste simulador, também é possível o aluno se divertir, jogando com os conceitos aprendidos de estática.	50 min
AULA 08	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade Investigativa: Discussão a respeito Máquinas Simples	Nesta última aula, o professor poderá começar sua aula, perguntando aos alunos, se os mesmos conhecem as máquinas simples que estão presente em seu cotidiano, e como elas auxiliam nas atividades diárias.	15 min
	Aula expositiva: Máquinas Simples. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará as possíveis máquinas simples presentes em nosso cotidiano, por exemplo, as roldanas, o plano inclinado, as alavancas e os parafusos. Para fixação dos conteúdos, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	35 min

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Primeiro Encontro: Atividade Investigativa e Introdução ao estudo da Estática.

Neste primeiro encontro, apresentamos a proposta ensino e aprendizagem a ser trabalhada durante oito horas aulas com os alunos, bem como o objetivo do ensino de Estática. Nesta, apresentamos a importância da disciplina, não só pensando na prova de vestibular, mas também para entender aspectos ligados à natureza com o seu cotidiano. Também comentamos a importância da disciplina para os diversos cursos de engenharia.

Logo após a apresentação do projeto, realizamos uma Atividade Investigativa, com o objetivo de se verificar os conhecimentos prévios dos alunos, pedindo a eles que escrevessem cinco palavras que os relacionassem com conceito de equilíbrio. Para esta atividade, também, solicitamos à justificativa de suas escolhas, e estas informações foram assim registradas na folha de atividade. O registro deveria ser feito mesmo se o aluno achasse que sua visão primitiva fosse simples em demasia, pois o importante segundo o pesquisador eram os dados que seriam obtidos para após comparação, com a atividade final do projeto.

Participaram 22 alunos na primeira atividade com um total de 108 palavras com as respectivas explicações do porque das suas escolhas, que após analisadas utilizando os pressupostos da análise de conteúdo, elencamos em três categorias, demonstradas no quadro 2.

Quadro 2: Categorias que emergiram das respostas dos alunos

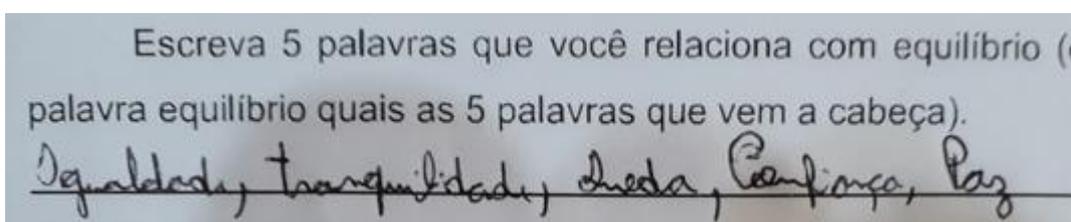
Categoria 1	Palavras sem conexão com conceitos da Física.
Categoria 2	Conceitos físicos envolvidos

Fonte: o autor (2017).

Dessa amostra de respostas 77,78% (84 em 108 palavras) não estão ligadas com conceitos da Física, o que evidencia a pouca vivência com o termo

equilíbrio. Nesse instante vale também ressaltar a dificuldade dos mesmos em encontrarem palavras conhecidas para justificarem as suas respostas. Dentro da análise dos dados, também foi verificado que os conceitos da Estática não estavam ali presentes, como o torque, ou centro de massa por exemplo. Houve também aluno que deixou a folha de atividade sem resposta, e outros que percebemos que suas palavras se encaixavam apenas na categoria 1, sem conexão alguma com a Física como mostrado no figura 37.

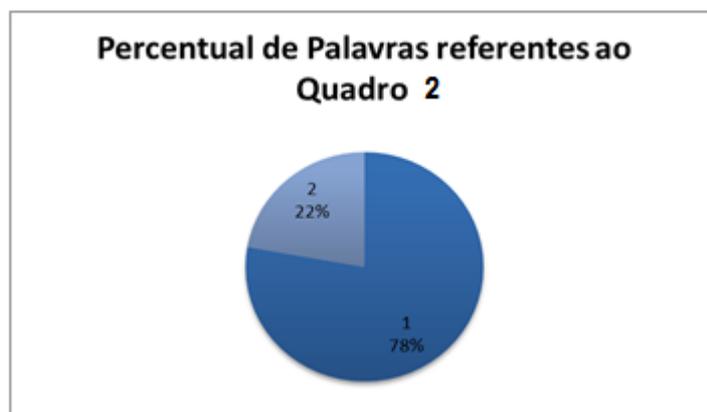
Figura 31: Resposta do aluno evidenciando palavras da categoria 1



Fonte: Banco de dados do autor

Estamos apresentando um gráfico, figura 32, com as porcentagens para uma visualização das respostas elencadas pelos alunos:

Figura 32: Gráfico que representa o percentual das categorias elencadas no quadro 1



Fonte: o autor (2017)

No primeiro encontro consideramos as duas primeiras aulas da sequência didática, sendo especificamente a segunda aula, uma exposição para os alunos da determinação da força resultante, com a utilização da mídia como recurso na sala de aula. Utilizamos também alguns exercícios para a fixação do conteúdo por parte do aluno e pedimos que mais algumas atividades

fossem realizadas em suas residências para a fixação dos conceitos abordados em sala.

Para a finalização deste primeiro encontro, o pesquisador também abriu um pequeno tempo para a discussão do tema abordado em sala, e a participação dos mesmos foi significativa, pois neste primeiro debate, ficou evidenciada a dificuldade da grande maioria nas contas envolvidas no processo, mesmo utilizando uma calculadora científica como recurso didático.

Ainda neste instante registramos falas dos alunos, tais como:

- Esse conteúdo não será nada fácil em professor?
- Como utilizarei estes conteúdos no meu cotidiano?
- Para que serve a estática?
- Isso cai no PAS professor. Tem certeza?

É possível perceber que as atividades iniciais geraram certo desconforto nos alunos, pois os mesmos nunca haviam participado de um projeto de pesquisa e, muitas dúvidas estavam presentes neste momento de discussão com a turma.

5.2 Segundo Encontro: Utilização do Simulador Peso Suspenso por dois Cabos.

Neste segundo encontro, mais duas aulas foram registradas na implementação da sequência didática. No primeiro momento, retomamos o tema da aula anterior, sobre determinação da força resultante. Percebemos que alguns dos alunos, tentaram realizar as atividades propostas inseridas na mídia, em suas residências, o que promoveu uma série de dúvidas a respeito do tema abordado no primeiro encontro. Logo após, utilizamos novamente dos recursos da mídia, e apresentamos de forma expositiva, por meio de uma aula dialogada os conceitos de equilíbrio, que até o presente momento, se verificava com o somatório das forças, nos eixos x e y iguais a zero. Realizamos algumas atividades no quadro e, pedimos que os alunos fizessem uma atividade semelhante, através do método da decomposição da força. Com este procedimento e com mais uma pequena discussão a respeito, finalizamos a terceira aula. Verificamos também que alguns alunos já conseguiram modelar o problema matematicamente, o que também se faz necessário no ensino de física.

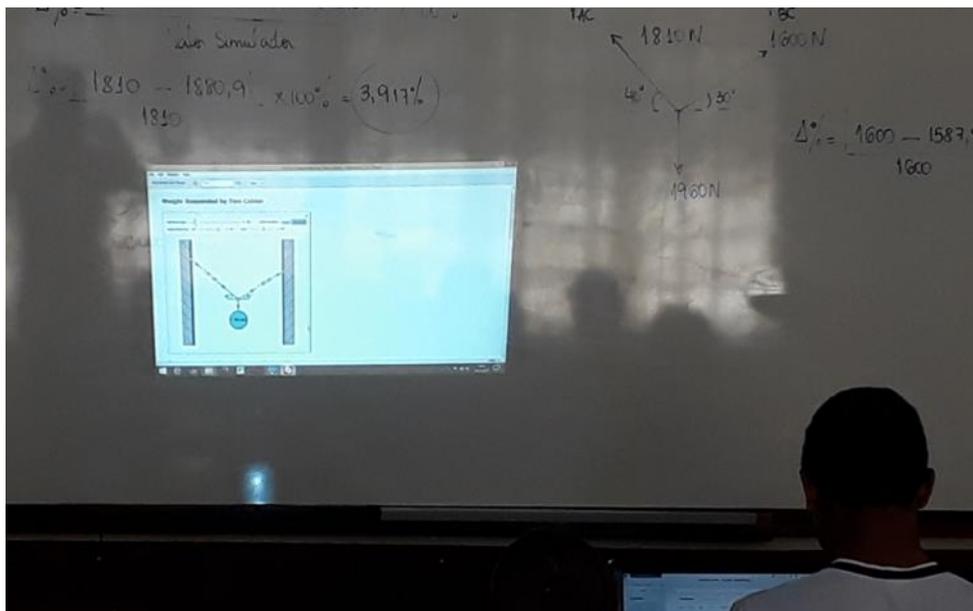
Terminada a terceira aula, fomos todos ao laboratório de informática para a utilização do simulador denominada *Weight Suspended By Two Cables*, cujos direitos autorais pertencem ao site demonstrations.wolfram.com. Nesta etapa, podemos simular a atividade calculada em sala de aula, e corrigir seu resultado caso necessário. Como descrito anteriormente, houve uma negação por parte do colégio no que diz respeito à instalação do programa CDF Player, nos computadores da escola, porém este fato não nos impediu de usar o simulador com eficácia. Foi providenciado junto à escola um aparelho de datashow para a projeção no quadro, e os alunos foram aos poucos utilizando o computador pessoal do pesquisador e fazendo as simulações que desejassem.

Um fator interessante é que nesse momento demonstramos a eles o cálculo por outro método, diferente ao da sala de aula, denominado lei dos senos e a eles foi atribuído uma tarefa de se determinar a condição para que as forças nos dois cabos fossem iguais à força peso do corpo pendurado pelos fios. Uma vez lançada à tarefa e algumas discussões nos pequenos grupos, alguns alunos chegaram à resposta esperada utilizando como ferramenta, o simulador.

Nesta etapa os alunos puderam levantar e testar suas hipóteses, até chegar a uma conclusão para a situação problema lançada. Entendemos que o simulador exerce um papel fundamental, pois dá liberdade ao aluno podendo representar uma atividade experimental que seria de difícil montagem, visto que a maior parte das instituições públicas de ensino tem seus laboratórios de física defasados, com falta de material, de técnico, entre outros.

Podemos dizer que esta aula foi um sucesso, como esperado, pois os alunos se envolveram, participaram ativamente, até aqueles que naturalmente não participavam muito das aulas de física, e relataram que nenhum dos professores da escola, até então, tinham apresentado esta ferramenta como recurso didático e que não conheciam os simuladores.

Figura 33: Imagem de um aluno operando o simulador



Fonte: Banco de dados do autor

Nesse instante, registramos no diário de campo algumas indagações trazidas pelos alunos que consideramos importantes para o contexto deste trabalho:

Porque não existem simulações para outras disciplinas também? (ALUNO 1)

Que legal ter uma aula diferenciada em relação à aula em sala. (ALUNO 2)

Ficaria mais fácil para nós o uso do computador, pois já estamos mais acostumados. (ALUNO 3)

Não dá para vir aqui mais vezes? (ALUNO 4)

Fica evidente na fala dos alunos o quanto estavam motivados para esse estudo no laboratório de informática, não acreditamos que a solução para a aprendizagem dos alunos esteja meramente no recurso didático, mas acreditamos no seu potencial para fomentar um ambiente propício à aprendizagem, com alunos mais motivados e participativos nesse momento a figura do professor como mediador, fazendo as perguntas certas pode fazer toda a diferença, permitindo aos alunos muitas reflexões sobre os conceitos estudados. Acreditamos que esse conjunto, pode sim, levar o aluno a uma aprendizagem significativa.

5.3 Terceiro Encontro: Atividades Experimentais sobre Centro de Gravidade

O terceiro encontro deu início, com uma nova atividade investigativa. Agora tratamos de conceitos como o centro de gravidade e o momento de uma força. Neste debate de ideias, ficou claro, que um numeroso porcentual dos alunos já percebeu o conceito de equilíbrio por meio da soma das forças atuando sobre o corpo, e que esta condição faz com que corpo não haja movimento de translação. Debates mais ou menos de quatro a cinco minutos sobre o assunto.

No segundo momento da aula, com o auxílio do computador e do datashow, projetamos duas práticas experimentais, que possuem um caráter investigativo sobre o centro de gravidade, com o objetivo de se determinar um ponto de concentração para o conjunto permanecer em equilíbrio. A turma é separada em pequenos grupos com cinco alunos cada, para que houvesse uma interação de todos os membros do grupo, a fim de que todos conseguissem visualizar e manipular os materiais utilizados na prática. Temos seis grupos para essa atividade. Três grupos tiveram que resolver a situação problema 1 e três grupos a situação problema 2, ambas encontram-se na mídia interativa como recursos de ensino, dentro do tópico atividades práticas.

Ambas as atividades possuíam como objetivo a determinação do centro de gravidade, a situação problema 1 discutia constituía-se de dois garfos, entrelaçados pelas suas pontas e equilibrados por um palito de dente na borda de um copo.

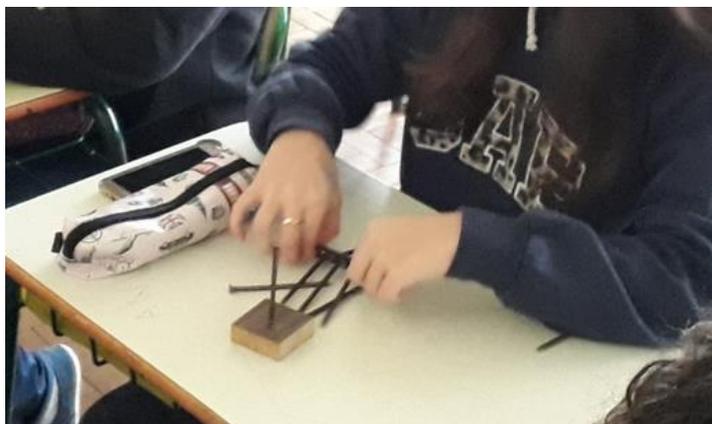
Figura 34:prática de Centro de Gravidade realizada em sala de aula



Fonte: Banco de dados do autor

Já segunda, constituía-se no equilíbrio de dez pregos, em uma base de madeira com apenas um prego fixado.

Figura 35: Segunda atividade prática sobre Centro de Gravidade



Fonte: Banco de dados do autor

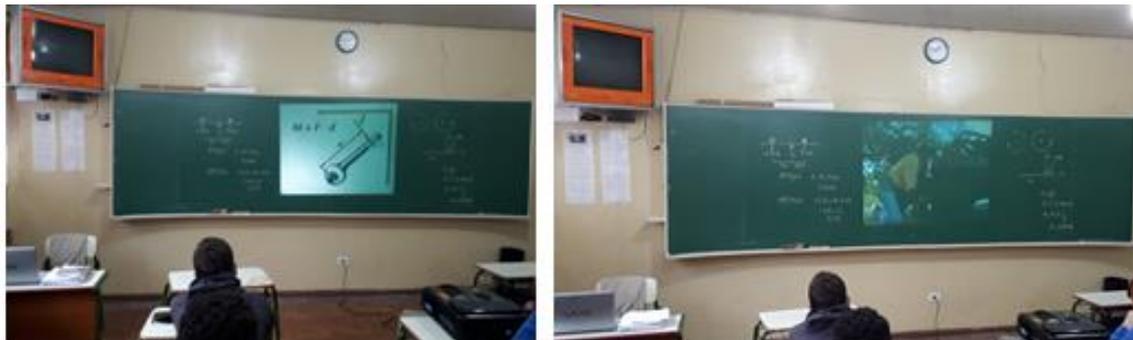
Os grupos discutiram e tentaram durante certo tempo, mas nenhum grupo conseguiu estabelecer o equilíbrio do sistema. Então, nesse momento o professor apresenta dois vídeos curtos, com uma duração de três minutos e meio aproximadamente, cada um deles, e estes servem como procedimento para as práticas experimentais. Após assistirem todos os grupos conseguem resolver suas situações problema, mas ainda não entendem muito bem por que acontece daquela forma.

Para estabelecer uma explicação para os alunos do por que o sistema ficou em equilíbrio, utilizamos a teoria presente na mídia digital, e apresentamos os conceitos que determinam a posição do centro de gravidade aos alunos da sala. Uma observação importante, é que as práticas puderam ser realizadas dentro da própria sala de aula, evidenciando que muitas vezes uma atividade prática potencialmente significativa pode ser feita sem o ambiente físico do laboratório e sem a presença de equipamentos caros.

Figura 36: Equilíbrio de pregos**Fonte:** Banco de dados do autor

Na segunda metade do encontro que ocorreu logo após o intervalo, demos início a sexta aula da sequência didática, com uma conversa com os alunos sobre o momento de uma força (torque), que demorou um pouco mais de tempo, pela sua importância e pela sua aplicação no cotidiano. Após iniciamos a aula expositiva dialogada sobre o tema e a sua importância. Também foram realizadas algumas atividades teóricas, com o objetivo de fixação do conteúdo, e deixamos um tempo de aproximadamente de vinte minutos para passar um vídeo sobre o conceito do momento de uma força e posterior debate. Neste instante, percebemos que vários alunos já reconheciam as condições necessárias ao equilíbrio de translação e de rotação e outros reconheciam as aplicações desta parte da física no cotidiano.

Ao final desta aula, os alunos já estavam preparados para a nova atividade de simulação no laboratório de informática.

Figura 37: Projeção da aula no quadro

Fonte: Autor 2017

5.4 Quarto Encontro: Utilização do Simulador sobre Momento de uma Força e Finalização da Aplicação da Sequência Didática.

Este último dia de aplicação do produto, realizado no laboratório de informática para a utilização do simulador do site https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_en.html. Os alunos foram divididos em pequenos grupos. Neste encontro, os alunos responderam perguntas sobre o conceito de momento de uma força, e a sua presença em seu cotidiano.

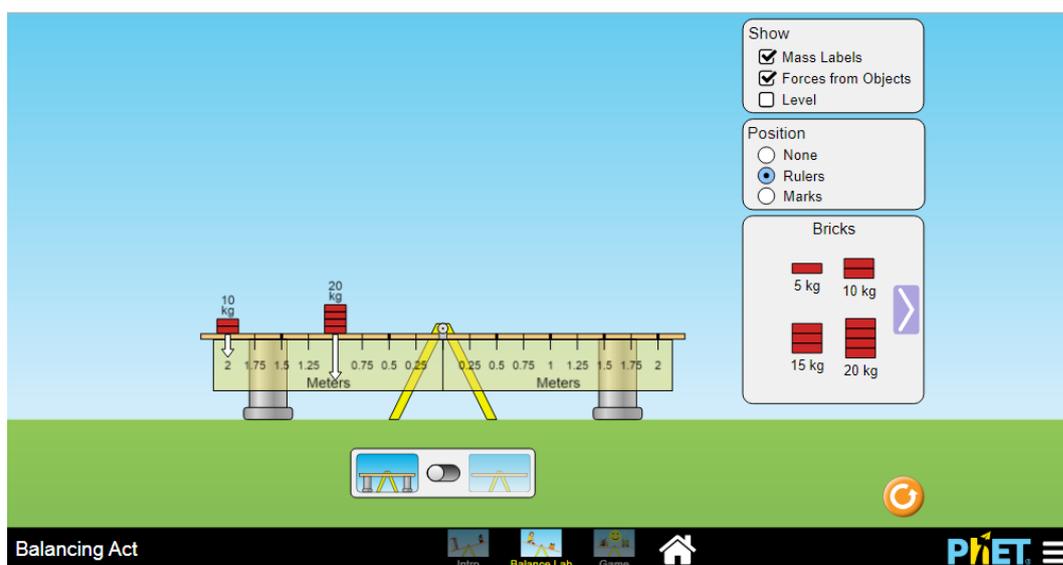
Os alunos utilizaram o simulador nos primeiros cinco minutos da aula de forma a matar a curiosidade dos mesmos, e nesse instante, interferindo o mínimo possível, onde se estabeleceu o interesse pela aula. Logo após, foi inserido um problema de equilíbrio, onde a alavanca deveria ficar em estado de equilíbrio utilizando para este fenômeno massas com intensidades diferentes, colocadas em posições a serem definidas pelo próprio aluno, com o objetivo de deixar a alavanca em equilíbrio. Por exemplo, uma das questões que o aluno pesquisou, foi à inserção de uma massa de 10 kg em uma das extremidades da balança atribuída numa posição específica desejado, e a inserção de duas massas menores e iguais a 5 kg cada, no lado oposto da alavanca em pontos específicos calculados por eles, com o objetivo de se alcançar o estado de equilíbrio. Foi repetido o procedimento, utilizando agora massas com diferentes valores para se atingir o equilíbrio, e novamente os alunos deveriam determinar novas posições para as outras massas para se atingir o estado de equilíbrio. Foram utilizadas as seguintes orientações fornecidas no Quadro 3:

Quadro 3 – Orientações para o uso do software

Sequência	Operação
1	Inicie o software, clicando no botão Introdução do simulador (botão à esquerda), e observará uma tela com três objetos a serem inseridos pelos alunos, para a simulação do equilíbrio.
2	Clique na posição em réguas, para que o simulador forneça à distância das massas a posição de equilíbrio. Arraste a massa de 10 kg, correspondente a um cesto, para a posição de 1m.
3	Peça aos alunos inserirem as duas massas correspondentes a 5 kg cada uma, em posições pré-calculadas por eles com o objetivo da alavanca ficar em equilíbrio, não pendendo assim para nenhum dos lados.
4	Uma vez colocadas as massas nas posições calculadas, pede-se para os alunos verificarem se estão certos em seus cálculos, utilizando para isso o botão central, arrastando-o para a direita. Se a alavanca não pender para nenhum dos lados, o equilíbrio foi estabelecido.
5	Agora clique no ícone denominado de Laboratório de equilíbrio, posicionado no centro inferior da tela. Novamente observe se a régua está sendo mostrada. Coloque a massa de 10 kg na posição de 2,0m e a massa de 20 kg na posição 1,0m, ambos de mesmo lado.
6	Peça aos alunos inserirem massas correspondentes em posições pré-calculadas por eles com o objetivo da alavanca ficar em equilíbrio, não pendendo assim para nenhum dos lados.
7	Uma vez colocadas as massas nas posições calculadas, pede-se para os alunos verificarem se estão certos em seus cálculos, utilizando para isso o botão central, arrastando-o para a direita. Se a alavanca não pender para nenhum dos lados, o equilíbrio foi estabelecido.

Fonte: o autor (2017).

Figura 38 - Interface do programa balançando.



Fonte: Web 7

Continuamos com a sequência didática, nesta etapa os alunos tinham algumas situações problemas para discutir e resolverem para entregar ao professor, poderiam utilizar o simulador e, também os modelos matemáticos estudados até então para justificar suas respostas.

Figura 39: Alunos trabalhando com o simulador



Fonte: Banco de dados do autor

Verificamos nessa etapa que grande parcela dos alunos conseguiu utilizar o simulador e empregar o modelo matemático de maneira correta, o que é muito importante para o processo de ensino-aprendizagem. Alguns alunos chegaram a dizer que fazer conta assim é mais fácil, ou seja, o ambiente de aprendizagem, o processo e a liberdade dada aos alunos faz toda a diferença na forma como enxergam a aula de física.

Após a realização das atividades propostas, deixamos o tempo restante da aula para os alunos se divertirem no próprio site, através de um jogo divertido para fixação da aprendizagem do tema trabalhado. Nesta atividade, os alunos puderam escolher níveis diferentes de dificuldade, dependendo do grau de aprendizado.

Na última aula, começamos a aula, perguntando aos alunos, se os mesmos conhecem as máquinas simples que estão presente em seu cotidiano, e como elas auxiliam nas atividades diárias. Apresentamos as possíveis máquinas simples presentes em nosso cotidiano, por exemplo, as roldanas, o plano inclinado, as alavancas e os parafusos.

Finalizamos a unidade didática, e repetimos a mesma atividade de início, realizando o mesmo questionário que consistia da citação de cinco palavras que estavam relacionadas aos conceitos apreendidos durante a aplicação da sequência, para comparação qualitativa do resultado obtido com a aplicação do produto.

Participaram dessa última atividade novamente 22 alunos, com um total de 110 palavras com as respectivas explicações do porque das suas escolhas, que após analisadas utilizando os pressupostos da análise de conteúdo, elencamos nas duas categorias, demonstradas no quadro 4.

Quadro 4: Categorias que emergiram das respostas dos alunos

Categoria 1	Palavras sem conexão com conceitos da Física.
Categoria 2	Conceitos físicos envolvidos

Fonte: o autor (2017).

Dessa amostra de respostas, houve agora uma inversão em relação aos dados coletados na primeira atividade, evidenciando a eficácia da sequência didática no ensino da estática com um percentual de 71,81% (89 em 110 palavras) relacionando com os conceitos físicos abordados durante a aplicação da unidade.

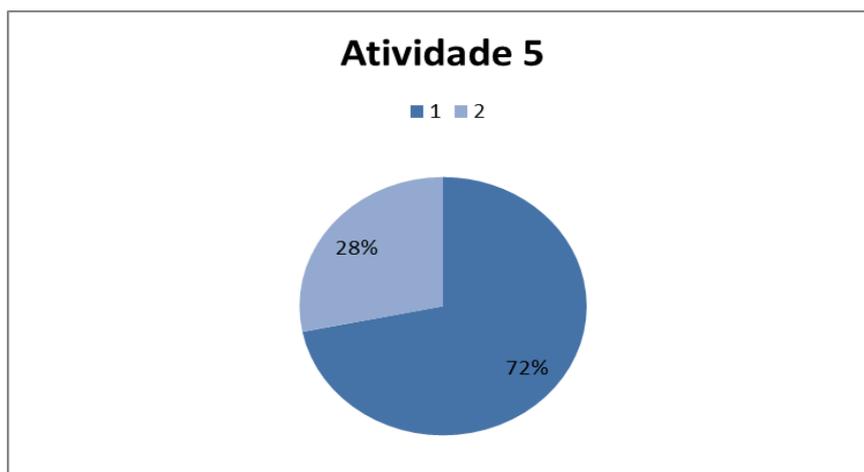
Figura 40: Resposta do aluno evidenciando palavras da categoria 2

Escreva 5 palavras que você relaciona com equilíbrio (quando ele lê a palavra equilíbrio quais as 5 palavras que vem a cabeça).

Momento, força, distância, peso e gravidade.

³ **Fonte:** Banco de dados do autor

Figura 41: Gráfico do resultado obtido, após análise.



Fonte: o autor (2017)

³ As palavras descritas pelo aluno foram: momento, força, distância, peso e gravidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sociedade em que vivemos cada vez mais se fala em qualidade na educação, e para se avançar neste quesito não basta oferecer escolarização, é preciso que haja uma educação que forme um aluno consciente e crítico, preparado para agir adequadamente na sociedade. Para isso, considera-se fundamental que os conteúdos sejam abordados de maneira contextualizada, dinâmica e com referências às questões sociais, ambientais, econômicas e políticas, que fazem parte da vida do estudante.

As situações vivenciadas pelo pesquisador durante sua caminhada docente motivaram à realização deste trabalho, que a partir daí se propôs a produzir uma mídia digital sobre o conteúdo de estática com diferentes recursos a serem utilizados pelo professor de física, bem como, aplicar essa mídia e investigar seu potencial pedagógico, ou seja, investigar o potencial pedagógico de uma metodologia que se utiliza dos recursos presentes nessa mídia, junto a uma turma da primeira série do ensino médio de uma instituição pública da cidade de Paiçandu, Paraná.

Os resultados obtidos com a aplicação da mídia produzida se mostraram eficientes, visto que, durante as atividades desenvolvidas com os estudantes foi possível encontrar indícios de uma aprendizagem significativa, na qual os educandos conseguiram ao final do trabalho estabelecer uma relação entre conceitos de estática e as situações cotidianas em que os mesmos são empregados.

Por meio deste trabalho foi possível também verificar a importância de se utilizar diferentes recursos de ensino para se apresentar um conteúdo de física, uma vez que os alunos se envolveram ativamente com as atividades diversificadas e no momento da formalização no quadro por meio dos modelos matemáticos conseguiam acompanhar e compreender seus significados o que vai muito além de substituir números em equações para resolver problemas, muitas vezes sem sentido.

Ainda nesse sentido, podemos dizer que o ambiente de aprendizagem estabelecido durante a implementação da proposta, que o processo e a liberdade criativa dada aos alunos fez toda a diferença na forma como enxergaram a aula de física, estando todos muito motivados para a mesma ao

final do trabalho, haja vista que o número de falta dos alunos participantes da pesquisa diminuiu consideravelmente durante a implementação.

A realização de atividades em um ambiente de aprendizagem adequado possibilitou aos alunos visualizarem os conceitos estudados e interagir mais durante as aulas, com os objetos e com o professor, ou seja, motivou aqueles estudantes pouco interessados, diferentemente do que geralmente acontece no uso do método tradicional.

As atividades experimentais realizadas dentro de um contexto, onde as situações estudadas fazem parte do cotidiano dos alunos, despertou-lhes a curiosidade, que os levou a perguntarem e elaborar hipóteses (concepções prévias), iniciando o processo de construção do conhecimento científico de maneira investigativa, entendendo sua realidade. Estas atividades podem contribuir para explicar um determinado assunto, respondendo as hipóteses levantadas (supostas respostas) com o resultado do experimento, não deixando que o conteúdo seja apresentado como algo abstrato ou sem relevância.

Uma observação importante, é que as práticas desenvolvidas nesse trabalho puderam ser realizadas dentro da própria sala de aula, evidenciando que muitas vezes uma atividade prática potencialmente significativa pode ser feita sem o ambiente físico do laboratório e sem a presença de equipamentos caros.

A utilização dos simuladores constituiu-se como ponto alto dessa proposta, uma vez que os alunos nunca tinham sido levados ao laboratório de informática para um trabalho desse tipo, logo, tudo era novidade para a turma, e poder estudar física usando a tela do computador era algo inimaginável. Essa atividade fez com que os alunos cobrassem mais aulas desse tipo.

Espera-se, que a metodologia empregada nesta pesquisa, juntamente com as propostas de outros autores, estimulem a utilização de ambientes diferenciados e propícios para a contextualização do ensino, como mais uma alternativa para se alcançar as mudanças desejáveis no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J. A. P. Construção e Realidade no Ensino de Física, *Fragmentos e totalidades no ensino de Ciências*. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.
- ARDLEY, N. How Things Work, *Dorling Kindersley limited*. Londres, UK. 1995.
- BAGNO, M. Pesquisa na escola, *Edições Loyola*. 2000.
- BARRETO, A. de Albuquerque. Perspectivas da ciência da informação. *Revista de Biblioteconomia de Brasília*, v. 21, n. 2, p. 156-166, 1997.
- BARROS, M. Alves e CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A história da ciência iluminando o ensino de visão, *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 5, n. 1, p. 83-94, 1998.
- BASTOS, F. P. Alfabetização técnica na disciplina de Física: *uma experiência educacional dialógica*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.
- BRASIL. PCN: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros curriculares nacionais. *Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias*. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Semtec. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- CARMO, Alex Bellucco do et al. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física, *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.
- CHAGURI, J. de P. O uso de atividades lúdicas no processo de ensino/aprendizagem de espanhol como língua estrangeira para aprendizes brasileiros. 2010. Disponível em: <http://www.unicamp.br/iel/site/alunos/publicacoes/textos/u00004.htm>. Acesso em dezembro de 2017.
- DELGADO, Carla et al. Uma abordagem pedagógica para a iniciação ao estudo de algoritmos, *XII Workshop de Educação em Computação*. 2004.
- DONDIS, D. A. e CAMARGO, J. L. Sintaxe da linguagem visual. *Martins fontes*, 1997
- FAGHERAZZI, Onorato Jonas; ANHAIA, Taciane Sandri. Sobre a imagem da ciência em Thomas Kuhn: duas rotas essenciais, *I Simpósio Científico FSG de Graduação e Pós-graduação-Unidade Bento Gonçalves*, v. 1, n. 1, 2015.
- FORESMAN, J.; FRISH, E. Exploring chemistry. Gaussian Inc., Pittsburg, USA, 1996.
- FRIEDMANN, Adriana. Brincar: crescer e aprender - *O Resgate do Jogo Infantil*. Moderna, 2001.
- GASPAR, Alberto. Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2016.

GATTI, Sandra Regina Teodoro. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. 2000.

GIBIN, Gustavo Bizarria; DE LIMA, Sérgio Antônio Marques. Concepções de licenciados do PIBID de Química sobre o papel pedagógico da experimentação. *Scientia Plena*, v. 11, n. 6, 2015.

GIBIN, Gustavo Bizarria; FILHO, Moacir, P. S. Atividades experimentais investigativas em Física e Química. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

GODOY, Arilda Schmidt; CUNHA, M. A. V. C. Ensino em pequenos grupos. Didática do ensino superior: técnicas e tendências. (São Paulo). *Pioneira*, p. 83-100, 1997.

GUERRA, Antônio Fernando Silveira et al. Diário de Bordo: navegando em um ambiente de aprendizagem cooperativa para educação ambiental. 2001.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J., Fundamentos de Física, vol. 4 *Ótica e Física Moderna*, LTC Editora, 4ª. Edição, 1995.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Rev. Bras. Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. O jogo e a educação infantil. *Perspectiva*, v. 12, n. 22, p. 105-128, 1994.

LIBÓRIO, Ana Clara Oliveira. As interações professor-aluno e o clima para criatividade em sala de aula: possíveis relações. 2010.

LONGHINI, M.D. Física nas séries iniciais do ensino fundamental – a relação entre o conhecimento do conteúdo e seu ensino. 2009. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0587-2.pdf>. Acesso em 06 de outubro 2009.

MACEDO, Lino; PETTY, Ana Lúcia Sícoli; PASSOS, Norimar Christe. Os jogos e o lúdico na aprendizagem escolar. Artmed Editora, 2009.

MASETTO, Marcos Tarciso. Competência pedagógica do professor universitário. Summus Editorial, 2012.

MENEZES, L.C., KAWAMURA, R.D.; HOSOUME, Y. Objetos e objetivos no aprendizado da Física. In: EPEF, 4, 1994, Florianópolis. Atas, Florianópolis: UFSC, 1994.

MOREIRA, Marcos Luiz Batista et al. Experimentos de baixo custo no ensino de mecânica para o ensino médio. 2015.

NAGOSKI, Rosemeire et al. Os sentidos e significados atribuídos por uma professora aos conhecimentos prévios de seus educandos em ciências naturais. 2008.

NEVES, Rita de Araújo; DAMIANI, Magda Floriani. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. UNIrevista. Pelotas. Vol. 1, nº 2, abril/2006.

PIAGET, Jean. O juízo moral na criança. *Grupo Editorial Summus*, 1994.

PIAGET, Jean; ÁLVARO CABRAL; OITICICA, Christiano Monteiro. A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. 1971

- PRAXEDES, Gilmar; PEDUZZI, Luiz OQ. Tycho Brahe e Kepler na escola: uma contribuição à inserção de dois artigos em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 3601, 2009.
- REGO, Teresa Cristina. Vygotsky: uma perspectiva Histórico-Cultural da Educação. Rio de Janeiro: Vozes, 1999.
- RODRIGUES, Juliana M.; BARRETO MATOS, Adriana Leiria. Laboratório de Preenchimento Tradicional. *Extensão em Ação*, v. 2, n. 3, p. 02-17, 2012.
- SANTAELLA, Lucia. O papel do lúdico na aprendizagem. *Revista Teias*, v. 13, n. 30, p. 11 pgs., 2012.
- SERRANO, Agostinho; ENGEL, Vivian. Uso de simuladores no ensino de física: um estudo da produção gestual de estudantes universitários. *Renote*, v. 10, n. 1, 2012.
- SILVA, IK de O.; MORAIS II, Marçal José de Oliveira. Desenvolvimento de jogos educacionais no apoio do processo de ensino-aprendizagem no ensino fundamental. *Holos*, v. 5, 2011.
- SOUZA FILHO, M. P.; GRANDINI, Carlos Roberto. Uma análise estrutural do conteúdo experimental de eletromagnetismo nos livros didáticos de física adotados para o Ensino Médio. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, IV, 2003.
- TORRES, Elisabeth Fátima; MAZZONI, Alberto Angel; DA MOTA ALVES, João Bosco. A acessibilidade à informação no espaço digital. *Ciência da Informação*, v. 31, n. 3, 2002.
- TOSSATO, Claudemir Roque. Os fundamentos da óptica geométrica de Johannes Kepler. *Scientiae Studia*, v. 5, n. 4, p. 471-499, 2007.
- VALENTE, José Armando. Diferentes usos do computador na educação. *Aberto*, v. 12, n. 57, 2008.
- VILLANI, Carlos Eduardo Porto. As práticas discursivas argumentativas de alunos do ensino médio no laboratório didático de Física. 2002.
- VYGOTSKY, L. S. O papel do brinquedo no desenvolvimento, *A formação social da mente*. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1989. 168p. p.106-118.
- VYGOTSKY, Lev Semenovich et al. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. et al. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: EDUSP, 1988.
- VYGOTSKY, Lev Semenovitch. O problema da consciência. LS Vigotski, *Teoria e método em psicologia*, p. 171-189, 1999.
- WALLON, Henri. Psicologia e Educação da criança. Lisboa: Veja Universidade, 1979.
- WERNECK, H., Se você finge que ensina, eu finjo que aprendo. 16 ed. Petrópolis: Vozes, 1999.
- ZABALA, Antonio. A prática educativa: como ensinar. Penso Editora, 2015.
- ZUANON, A.C.A.; SILVA, C.A. O biolhar contextualizado da botânica fora do livro didático. *Revista SBEnBio*, n.1, p. 10-11, ago./2007.

APÊNDICE

APÊNCICE: PRODUTO EDUCACIONAL

Produto Educacional

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ESTÁTICA NO ENSINO MÉDIO A
PARTIR DE UMA MIDIA DIGITAL**

**DALLE CHRISTIAN VINICIUS COELHO POLONIO
MICHEL CORCI BATISTA**

**Campo Mourão
2018**

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

DALLE CHRISTIAN VINICIUS COELHO POLONIO

Produto Educacional

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ESTÁTICA NO ENSINO MÉDIO A
PARTIR DE UMA MÍDIA DIGITAL**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

**Campo Mourão
2018**

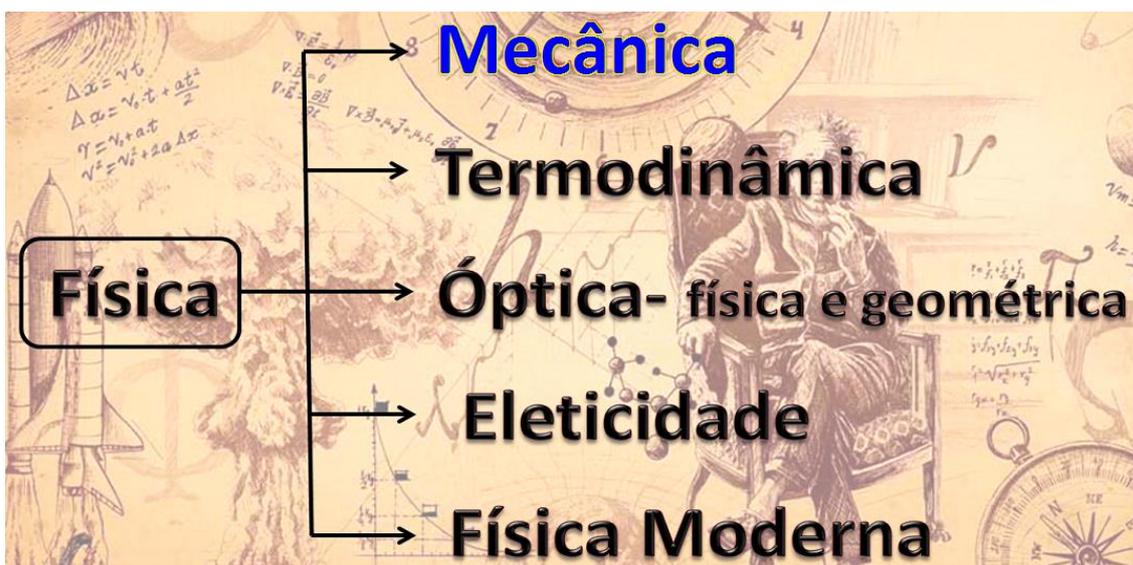
UMA MÍDIA DIGITAL SOBRE ESTÁTICA

Essa Mídia foi produzida com o intuito de colaborar com os professores de física que ministram o conteúdo de estática. Todo o conteúdo é direcionado para o ensino médio.

A mídia foi produzida em CD, pois algumas escolas do interior ainda não possuem boa conexão com a rede mundial de computadores. Essa mídia está composta de vários recursos didáticos, pensados e planejados sobre referenciais teóricos adequados visando sempre um melhor desempenho dos alunos. O primeiro recurso disponível nessa mídia é um texto com o conteúdo conceitual de estática, em seguida elaboramos uma sequência didática para otimizar a implementação do conteúdo conceitual. Disponibilizamos também, nessa mídia todos os recursos de ensino utilizados na sequência didática, tais como vídeos, experimentos, simuladores e exercícios, sendo que nesse último disponibilizamos todos os exercícios resolvidos e comentados, a fim de dinamizar o trabalho do professor. E, por fim, disponibilizamos uma leitura complementar para o professor que deseja conhecer outras experiências tentadas com a mesma temática.

Para desenvolver a mídia foi utilizado o software AutoPlay Menu Builder. Por meio dele, pode-se criar gratuitamente uma interface para os menus sem precisar ter nenhum tipo de experiência. O programa inclui uma série de modelos pré-determinados que variem de acordo com o tipo de menu que se quer desenvolver. Nesse trabalho desenvolvemos um menu para CD com fins didáticos.

Quando colocamos o CD no computador, ele já possui um executável que abre a primeira tela. Nossa intenção é que antes do menu principal deste trabalho fique evidenciado as diferentes áreas da física e, em qual dessas áreas se estuda o conteúdo de estática, conteúdo escolhido para o trabalho.



A única área da física que é possível clicar é mecânica, e quando fazemos isso somos levados a uma nova tela, que apresenta as áreas específicas da mecânica.



Novamente o único ícone que conseguimos clicar é em estática, assim conseguimos saber exatamente qual o local ocupado pela estática dentro da física.

Ao clicarmos em estática somos levados para uma nova tela que chamamos de menu principal. Nesta tela temos disponível todos os recursos para se trabalhar o conteúdo de estática de maneira contextualizada, diferente da tradicional, na qual o aluno apenas escuta a aula de maneira passiva.



Neste trabalho vamos apresentar cada ícone, disponibilizando na sequência seus conteúdos, pois assim, quem não tiver acesso à mídia produzida ainda conseguirá desenvolver o trabalho utilizando todos os recursos disponíveis na mídia.

É importante ressaltar que esse material foi produzido pensando a realidade paranaense, região sul do Brasil, no entanto, com as devidas adequações pode ser utilizado por qualquer professor de qualquer lugar do país.



Este livro foi produzido pelos autores numa linguagem simples, a fim de se compreender as noções básicas de equilíbrio e suas aplicações.

INTRODUÇÃO

Este material foi elaborado com o objetivo de auxiliar o professor de Física no contexto de ensino e aprendizagem dos conceitos de equilíbrio do ponto material e do corpo extenso para turmas de alunos da 1ª série do Ensino Médio. Esse material é de fácil utilização, e possui uma linguagem acessível para a compreensão do conteúdo teórico e para a resolução dos problemas propostos. O assunto tema deste material é extremamente importante nas engenharias, principalmente na Engenharia Civil, e devido ao tempo destinado para a disciplina de Física nas escolas de Ensino Básico essa temática é inúmeras vezes deixada de lado nas aulas de Física, ou vista de modo muito superficial.

O QUE É ESTÁTICA

Estática é o ramo da física que investiga as propriedades que se encontram em equilíbrio quando os corpos estão sob a ação de forças ou torques. De acordo com a segunda lei de Newton, nestes casos a aceleração destes sistemas é nula.

Na construção civil, os conceitos de Estática são fundamentais, e talvez um dos mais importantes, já que um prédio ou uma ponte (figura 1), por exemplo, não podem se movimentar, caso isso aconteça, com certeza iria comprometer toda a estrutura da construção.

Figura 1: Ponte

Fonte: <https://www.engenhariacivil.com/maiores-obras-engenharia-civil-brasil>

Mas não é apenas na construção civil que vemos a importância da estática. Podemos citar a importância do cálculo do centro de massa durante o projeto para a fabricação de um ônibus ou de caminhões, que são meios de transportes altos, e para que se estabilizem devem possuir centros de massas o mais baixo possível, para que os mesmos não tombem. Em astronomia, é utilizado para localizar planetas ou buracos negros, já que não podem ser vistos. Estrelas que parecem girar em torno do "nada" estão, na verdade, orbitando o centro de massa do sistema estrela/buraco-negro.

DETERMINAÇÃO DA FORÇA RESULTANTE

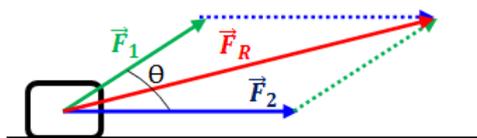
A resultante de um sistema de forças aplicadas num ponto material é a força que, aplicada nesse ponto, produz o mesmo efeito que o sistema de forças. Uma força é uma quantidade vetorial, pois possui intensidade, direção e sentido especificados. Assim, podemos dizer que a força resultante sobre uma partícula de massa m , é a soma vetorial de todas as forças que agem sobre essa partícula.

Esta soma vetorial pode ser executada por dois processos.

1º) Lei do paralelogramo: Se sobre a partícula atuar apenas duas forças pode-se utilizar este processo para determinar a força resultante.

A lei do paralelogramo consiste em transladar um dos vetores até que a origem coincida com a origem do outro vetor e, por fim, construir um paralelogramo. O vetor resultante será dado pela diagonal do paralelogramo, como na figura 2.

Figura 2: Representação da operação de adição pela regra do paralelogramo.



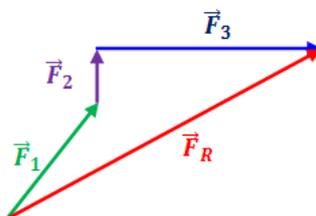
Fonte: os autores (2017).

$$|\vec{F}_R|^2 = |\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2 + 2 \cdot |\vec{F}_1| \cdot |\vec{F}_2| \cdot \cos\theta$$

2º) Lei do polígono: Se sobre a partícula atuar mais de duas forças pode-se utilizar este processo para determinar a força resultante.

A lei do polígono consiste em colocar a origem de um vetor coincidente com a extremidade do outro vetor, faz-se isso para a quantidade total de vetores que se deseja somar. O vetor chamado resultante é o vetor que une o as duas extremidades para fechar o polígono, sempre partindo do primeiro vetor, como na figura 3.

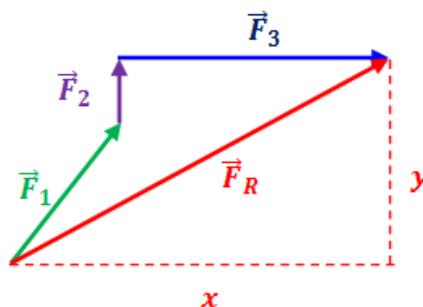
Figura 3: Polígono formado pela soma vetorial



Fonte: os autores (2017).

Note que após terminarmos ocorre a formação de um polígono. e o módulo do vetor resultante pode ser determinado de acordo com a figura 4.

Figura 4: Triângulo retângulo formado para determinação do vetor resultante



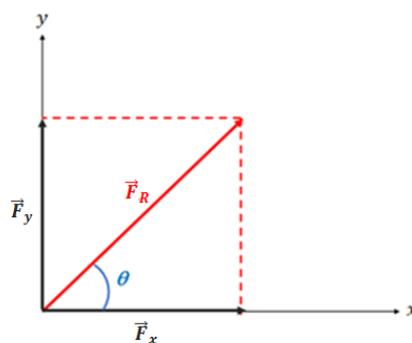
Fonte: os autores (2017).

$$|\vec{F}_R| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Vimos que duas ou mais forças que atuam sobre uma partícula podem ser substituídas por uma força única que tem o mesmo efeito sobre a partícula. Reciprocamente, uma força \vec{F} que atua sobre uma partícula pode ser substituída por duas ou mais forças que, juntas tem o mesmo efeito sobre a partícula. Essas forças são chamadas de componentes da força original \vec{F} , e o processo de substituição por estas componentes é denominado decomposição dos componentes da força \vec{F} . O paralelogramo desenhado para se obter os dois componentes é um retângulo, e F_x e F_y são chamados de componentes retangulares.

Os eixos x e y geralmente são dispostos na horizontal e na vertical, respectivamente, como mostrado na figura 5. No entanto, também podem ser dispostos em duas direções perpendiculares quaisquer.

Figura 5: Representação das coordenadas de um vetor



Fonte: os autores (2017).

Vamos considerar o triângulo formado abaixo da força resultante, na figura 5. A partir dele temos que:

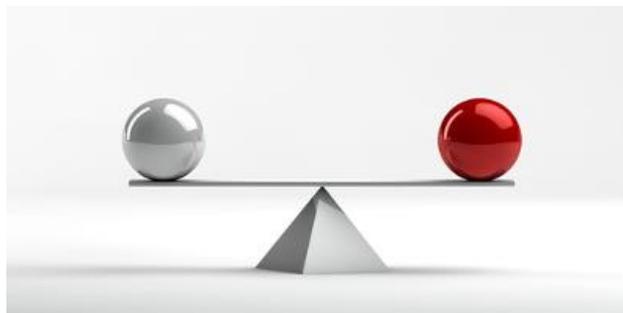
$$\text{sen } \theta = \frac{CO}{\text{hip}} = \frac{F_y}{F_R} \rightarrow F_y = F_R \cdot \text{sen} \theta$$

$$\text{cos } \theta = \frac{CA}{\text{hip}} = \frac{F_x}{F_R} \rightarrow F_x = F_R \cdot \text{cos} \theta$$

EQUILÍBRIO ESTÁTICO

Dizemos que um corpo encontra-se em equilíbrio, quando a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo é igual a zero, ou seja, a força resultante sobre o corpo é nula.

Figura 6: Representação de objetos em equilíbrio estático



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/equilibrio-estatico-dinamico.htm>

Nesse caso, o efeito resultante das forças atuantes sobre o corpo é nulo, e diz que a partícula está em equilíbrio. Temos, então, a seguinte definição: *Quando a resultante de todas as forças que atuam sobre uma partícula é igual a zero, a partícula está em equilíbrio.* Esta condição é necessária para satisfazer a primeira lei de movimento de Newton.

$$\sum \vec{F}_R = 0$$

A definição matemática acima não é apenas uma condição necessária do equilíbrio, é também uma condição suficiente. Isso decorre da segunda lei de Newton, a qual pode ser escrita como $\sum \vec{F}_R = m\vec{a}$. Como o sistema de forças em equilíbrio satisfaz a equação, $m\cdot\vec{a} = \vec{0}$ e, portanto a aceleração da partícula $\vec{a} = \vec{0}$. Consequentemente, a partícula move-se com o vetor velocidade constante ou permanece em repouso.

O equilíbrio de um corpo pode ser classificado em três tipos:

- Equilíbrio estável: quando o corpo realiza um pequeno deslocamento em relação a sua posição de equilíbrio ao ser abandonado, ele retorna à posição inicial, devido ao seu peso.

Figura 7: Representação de um objeto em equilíbrio estável



Fonte: Os autores (2017)

- Equilíbrio instável: quando o corpo realiza um pequeno deslocamento em relação a sua posição de equilíbrio ao ser abandonado, ele se afasta ainda mais de posição inicial, devido ao seu peso.

Figura 8: Representação de um objeto em equilíbrio instável



Fonte: Os autores (2017)

- Equilíbrio indiferente: quando o corpo realiza um pequeno deslocamento em relação a sua posição de equilíbrio ao ser abandonado, ele permanece em equilíbrio na nova posição, devido ao seu peso, que nesse caso será sempre perpendicular à superfície.

Figura 9: Representação de um objeto em equilíbrio indiferente



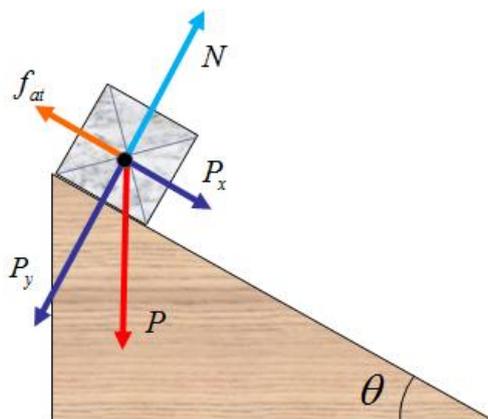
Fonte: Os autores (2017)

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

Quando nos deparamos com um problema de Física que envolve sistema de forças, antes de resolver o problema, é de fundamental importância a identificação de todas as forças relevantes envolvidas no problema. Para facilitar a visualização destas forças, devemos separar os corpos envolvidos no problema e em seguida desenhar um diagrama de corpo livre ou diagrama de forças para cada corpo, que é um esquema simplificado envolvendo todas as massas e forças do problema.

Traçar um diagrama de corpo livre é o primeiro passo na solução de um problema que envolva o equilíbrio de uma partícula. Esse diagrama representa a partícula e todas as forças que atuam sobre ela. Devemos indicar no diagrama de corpo livre as intensidades das forças conhecidas, bem como, qualquer ângulo ou dimensões que definam a direção de uma força. Qualquer intensidade ou ângulo desconhecido deve ser representado por um símbolo apropriado. Nada mais deve ser incluído no diagrama.

Figura 10: Diagrama de corpo livre de um corpo num plano inclinado



Fonte: Os autores (2017)

CENTRO DE GRAVIDADE

A definição do conceito de centro de gravidade é atribuída a Arquimedes (287 a.C. - 212 a.C.), embora este conceito não apareça definido explicitamente em nenhum de seus trabalhos ainda existentes. Por outro lado, Heron (primeiro século d.C.), Pappus (terceiro século d.C.) e Simplicio (sexto século d.C.), que tiveram acesso às obras de Arquimedes hoje perdidas, apresentam em seus trabalhos que chegaram até nós, algumas informações sobre como Arquimedes pode ter definido este conceito. Em termos modernos este conceito pode ser definido com as seguintes palavras:

“O centro de gravidade de um corpo rígido é o ponto tal que, se imaginarmos o corpo suspenso por este ponto e com liberdade para girar em todos os sentidos ao redor deste ponto, o corpo assim sustentado permanecerá em repouso e preservará sua posição original, qualquer que seja a orientação do corpo em relação à Terra.”

Quando este ponto se localiza no espaço vazio (o centro de uma arruela, por exemplo) é necessário supor uma conexão rígida ligando o centro de gravidade ao corpo para imaginá-lo sustentado por este ponto.

Nos livros didáticos, o centro de gravidade é descrito em uma observação no decorrer do texto: “O ponto de aplicação do peso de um corpo extenso é chamado centro de gravidade (CG). Para os corpos homogêneos e que apresentam simetria, o centro de gravidade coincide com o centro geométrico”. Nesse caso o centro de gravidade também é chamado de centro de massa.

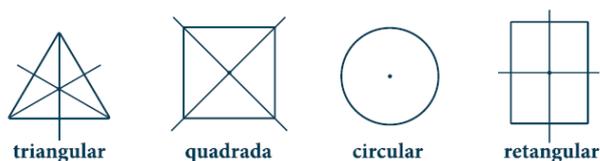
Pode-se ainda afirmar que “quanto mais baixo estiver o centro de gravidade com relação à superfície e quanto maior for sua base de apoio, maior é a estabilidade do corpo”.

CENTRO DE MASSA

Mesmo quando um corpo gira ou vibra, existe um ponto nesse corpo, chamado centro de massa, que se desloca da mesma maneira que se deslocaria uma única partícula. Ainda que o sistema não seja um corpo rígido, mas um conjunto de partículas pode ser definido para ele um centro de massa como veremos adiante.

De um modo geral, podemos pensar no centro de massa de um corpo como sendo o ponto em que poderíamos concentrar toda sua massa. Em objetos simétricos o centro de massa coincide com o centro geométrico dos objetos, como na figura 11.

Figura 11: Centro de massa de objeto simétrico

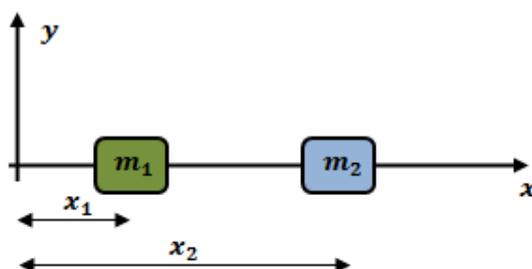


Fonte: Os autores (2017)

Sistema de partículas - Uma dimensão

Vamos definir inicialmente a posição x_{CM} do centro de massa para um sistema composto de duas partículas de massas m_1 e m_2 e que ocupam as posições x_1 e x_2 .

Figura 12: Representação das posições dos centros de massa de duas partículas em relação ao eixo x.



Fonte: Os autores (2017)

$$x_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{m_1 + m_2}$$

Generalizando para duas dimensões temos:

$$x_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

MOMENTO DE UMA FORÇA (TORQUE)

Quando um corpo está sujeito à ação de forças resultantes não nulas, o mesmo pode adquirir tanto movimento de translação quanto de rotação. Sendo assim, podemos definir o momento de uma força ou torque, como sendo uma grandeza vetorial associada ao fato de uma força fazer com que um corpo (ou objeto) gire ao redor de um eixo, como no caso da figura 13.

Figura 13: Gangorra

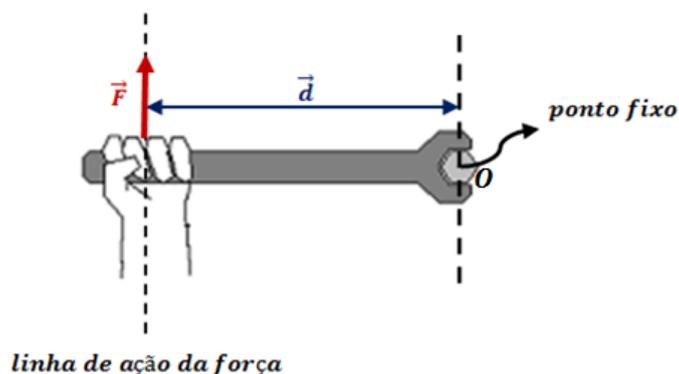


Fonte: <http://www.laoengenharia.com.br/produtos/listagem-produtos/recreacao-e-esporte/produto/512>

Define-se Momento de uma Força como a tendência de uma força F fazer girar um corpo rígido em torno de um eixo fixo. O Momento depende do módulo de F e da distância de F em relação a um eixo fixo.

Considere uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto O , como indicado na figura 14.

Figura 14: representação de uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto O



Fonte: Os autores (2017)

A força \vec{F} é representada por um vetor que define seu módulo, direção e sentido. O vetor \vec{d} é a distância perpendicular de O (ponto fixo) à linha de ação da força (reta que contém o vetor força). Define-se o momento escalar do vetor F em relação a O , como sendo:

$$M = \pm F \cdot d$$

onde:

M = momento escalar do vetor \vec{F} em relação ao ponto O

O = polo ou centro de momento (ponto fixo): É um ponto de referência, em relação a linha de ação da força aplicada.

d = distância perpendicular de O à linha de ação de F , também chamada de braço da força.

A unidade de momento de uma força (torque) no sistema internacional de unidades é o N.m.

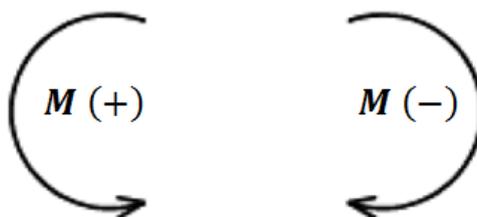
Importante!

Se a linha de ação da força contém o polo (ponto fixo), o braço da força é nulo, em relação a esse polo, logo, o momento da força também é nulo.

O momento M é sempre perpendicular ao plano que contém o ponto O . O sentido de M é definido pelo sentido de rotação imposto pelo vetor F .

Convenciona-se momento positivo se a força F tender a girar o corpo no sentido anti-horário e negativo, se tender a girar o corpo no sentido horário, como figura 15.

Figura 15: Convenção do momento de uma força F que atua em um corpo rígido fixo no ponto O



Fonte: Os autores (2017)

Para que um corpo extenso esteja em equilíbrio não basta que a soma vetorial de todas as forças seja nula ($\vec{F}_R = 0$), é necessário também que a soma vetorial de todos os momentos associados às forças que atuam no corpo seja nulo ($\vec{M}_R = 0$).

EQUILÍBRIO ESTÁTICO DO CORPO EXTENSO

Um corpo extenso, sujeito à ação de várias forças, está em equilíbrio estático quando não está sofrendo nem movimento de translação nem movimento de rotação, em relação a um referencial.

Para que isso aconteça, temos duas condições necessárias:

- 1ª) A primeira condição é a que garante o equilíbrio de translação do corpo. A soma vetorial de todas as forças externas que agem no corpo deve ser nula.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots + \vec{F}_n = 0$$

- 2ª) A segunda condição é a que garante o equilíbrio de rotação do corpo. A soma vetorial dos momentos dessas forças deve ser nula, independentemente do polo considerado.

$$\vec{M}_R = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 \dots + \vec{M}_n = 0$$

Importante!!

Se o corpo em equilíbrio não for um corpo extenso, for um ponto material, basta a primeira condição.

ALAVANCA, ROLDANA, PLANO INCLINADO E PARAFUSOS

Alavanca

Alavanca é um objeto rígido que é usado com um ponto fixo apropriado (fulcro) para multiplicar a força mecânica que pode ser aplicada a outro objeto (resistência). Isto é, denominado também vantagem mecânica e, é um exemplo do princípio dos momentos. O princípio da força de alavanca pode também ser analisado usando as leis de Newton. A alavanca é uma das seis máquinas simples. O princípio da alavancagem foi descoberto por Arquimedes no século III a.C., estudando as máquinas "Arquimedianas": alavanca, roldana, e parafuso.

Os elementos de uma alavanca

Toda alavanca é composta por três elementos básicos:

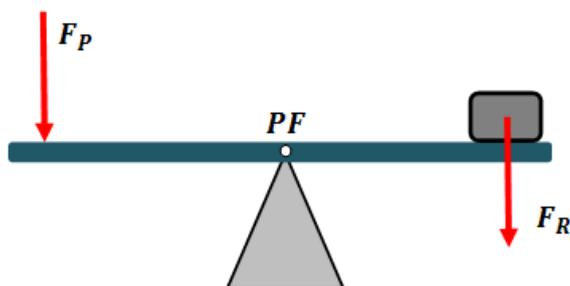
- **PF** – ponto fixo, em torno do qual a alavanca pode girar;
- **F_P** – força potente, exercida com o objetivo de levantar, sustentar, equilibrar, etc.
- **F_R** – força resistente, exercida pelo objeto que se quer levantar, sustentar, equilibrar, etc.

Os tipos de alavancas

Podemos classificar as alavancas de acordo com o elemento que fica entre os outros dois pontos restantes. Seus nomes são: interfixa, interpotente e inter-resistente.

Dizemos que uma alavanca é do tipo interfixa quando o ponto fixo ocupa um lugar qualquer entre a força potente e a força resistente, como mostra a figura 16.

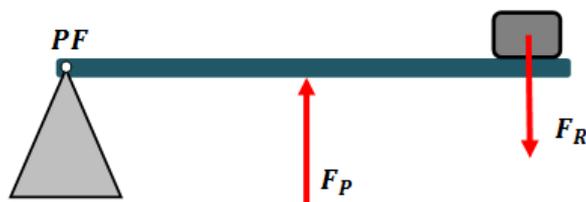
Figura 16: Alavanca é do tipo interfixa



Fonte: Os autores (2017)

Uma alavanca é considerada como sendo do tipo interpotente quando a força potente está localizada em algum lugar entre a força resistente e o ponto fixo. Veja a figura 17.

Figura 17: Alavanca é do tipo interpotente



Fonte: Os autores (2017)

Uma alavanca é considerada como sendo inter-resistente quando a força resistente se encontra em algum lugar entre a força potente e o ponto fixo. Veja a figura 18.

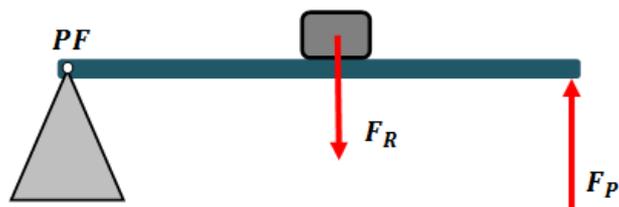


Figura 18: Alavanca é do tipo inter-resistente

Fonte: Os autores (2017)

Para resolver os exercícios envolvendo alavancas, ou a determinação das reações de apoio, basta aplicar as duas condições de equilíbrio estudadas até aqui. Logo, têm-se as equações fundamentais da estática:

- Equilíbrio de translação - $\vec{F}_R = 0$
- Equilíbrio de rotação - $\vec{M}_R = 0$

Roldanas ou Polias

As roldanas, também conhecidas como polias, são máquinas simples utilizadas para facilitar a execução de um trabalho. São constituídas de um disco giratório feito de um material rígido, metal, plástico ou madeira, dotado de canal na periferia que gira em torno de um eixo central, como mostra a figura 19.

Figura 19: Alavanca é do tipo inter-resistente



Fonte: lojastamoyo.hospedagemdesites.ws/loja/produtos/list/102000-102093/ferragem/roldana-para-poco

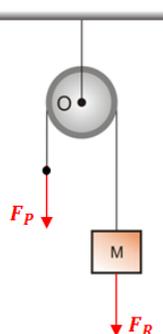
A polia é acionada por uma corda, fio ou corrente metálica, que é colocada sobre seu eixo central, transferindo movimento e energia para um objeto que se deseja levantar.

Tipos de polias

As polias podem ser classificadas em dois tipos: fixas ou móveis.

- Polia fixa: é a polia que tem seu eixo preso a um suporte rígido, que lhe permite apenas o movimento de rotação, impedindo qualquer translação. As forças agem nos extremos do fio, como na figura 20.

Figura 20: Polia fixa

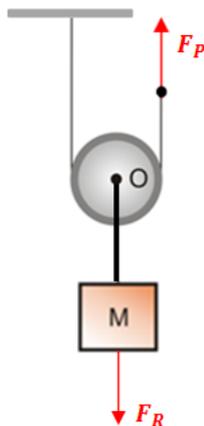


Fonte: Os autores (2017)

Na polia fixa, o eixo central é preso a um suporte de tal forma que se estabelece um equilíbrio entre as duas forças. Sendo assim, a força potente e a força resistente são iguais:

$$F_P = F_R$$

- Polia móvel: é aquela cujo eixo é livre, permitindo rotações e translações. Apoia-se sobre o próprio fio e a força resistente é aplicada no eixo da polia, enquanto a força potente age no extremo do fio livre.

Figura 21: Polia móvel

Fonte: Os autores (2017)

Na polia móvel o eixo pode ser deslocado com a força resistente. Nesse caso, para que se estabeleça o equilíbrio, a força potente deve ser igual à metade da força resistente, para cada polia móvel:

$$F_P = \frac{1}{2}F_R$$

Assim, para n polias móveis temos:

$$F_P = \frac{F_R}{2^n}$$

Onde, n é o número de polias móveis.

Os dois tipos de roldanas ainda podem ser combinados para formar uma única peça, o cadernal ou moitão, conforme a figura 22:

Figura 22: Representação de um cadernal ou moitão



Fonte: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-702560468-moito-cadernal-aco-60-x-3-x-12-pol-970-kg-vonder-_JM

A economia de força das roldanas é utilizada em vários instrumentos comuns ao nosso cotidiano, como nos guindastes, elevadores, na construção civil para levantar materiais, entre outros.

Figura 23: Representação de um guindaste utilizado na construção civil



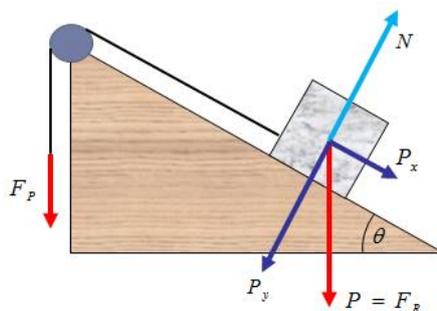
Fonte: <http://www.noticiasdotrecho.com.br/2016/08/as-normas-tecnicas-para-operacao-segura.html>

Plano Inclinado

O plano inclinado deixa claro seu próprio nome, nada mais é do que um plano que forma com a linha do horizonte um ângulo compreendido entre 0° e

90° (diferente desses valores extremos) e destinado a deslocar ou equilibrar cargas, figura 24.

Figura 24: Representação de um plano inclinado



Fonte: Os autores (2017)

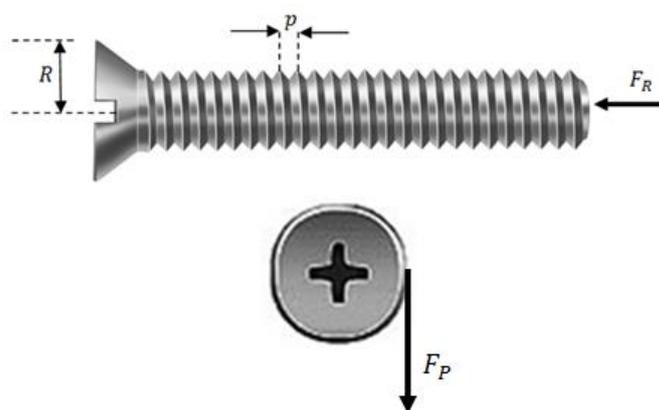
Nesse caso a condição de equilíbrio nos permite inferir que:

$$F_P = F_R \cdot \text{sen}\theta$$

Parafuso

Trata-se, também, de uma aplicação do plano inclinado, porém em forma de espiral em torno de um eixo. Chamamos de passo do parafuso à distância entre um filete e outro consecutivo da rosca, medida paralelamente ao eixo do parafuso (figura 25). Como máquina simples, a função do parafuso é unir ou separar corpos.

Figura 25: Representação de um plano inclinado



Fonte: Os autores (2017)

Assim, na condição de equilíbrio temos:

$$F_P = F_R \cdot \frac{p}{2\pi R}$$

Onde, p é o passo do parafuso e R é o raio da "cabeça" dele.

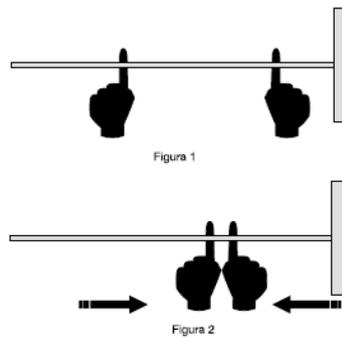
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. UFRN A professora Marília tenta estimular os alunos com experiências simples, possíveis de ser realizadas facilmente, inclusive em casa.

Uma dessas experiências é a do equilíbrio de uma vassoura:

Apoia-se o cabo de uma vassoura sobre os dedos indicadores de ambas as mãos, separadas (figura I). Em seguida, aproximam-se esses dedos um do outro, mantendo-se sempre

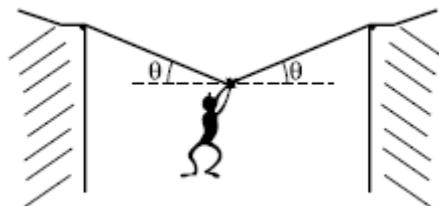
o cabo da vassoura na horizontal. A experiência mostra que os dedos se juntarão sempre no mesmo ponto no qual a vassoura fica em equilíbrio, não caindo, portanto, para nenhum dos lados (figura II).



Da experiência, pode-se concluir:

- Quando as mãos se aproximam, o dedo que estiver mais próximo do centro de gravidade da vassoura estará sujeito a uma menor força de atrito.
- Quando as mãos estão separadas, o dedo que suporta maior peso é o que está mais próximo do centro de gravidade da vassoura.
- Se o cabo da vassoura for cortado no ponto em que os dedos se encontram, os dois pedaços terão o mesmo peso.
- Durante o processo de aproximação, os dedos deslizam sempre com a mesma facilidade, pois estão sujeitos à mesma força de atrito.

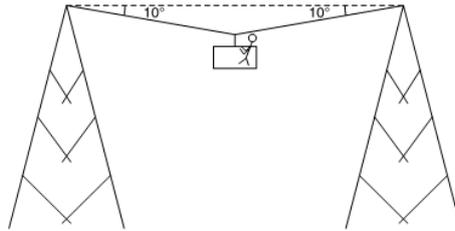
2. PUC-RJ Um alpinista de 700 N de peso está em equilíbrio agarrado ao meio de uma corda. A figura abaixo ilustra isso, sendo $\theta = 30^\circ$.



A tensão na corda, em Newtons, vale:

- a) $700\sqrt{3}$ b) 1400 c) 350 d) $1400\sqrt{3}$ e) 700

03. Um funcionário está realizando manutenção em uma linha de transmissão de energia elétrica. Dispõe de um equipamento que está ligado à linha, conforme mostra a figura abaixo:

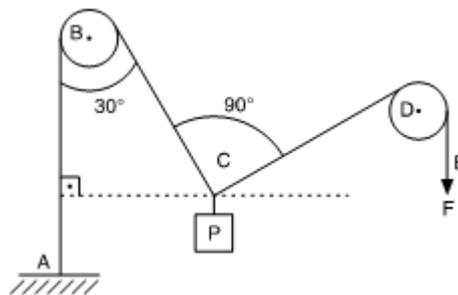


Desprezando o peso do cabo e considerando que o peso do conjunto funcionário equipamento é igual a 1000 N, calcule a tração no cabo.

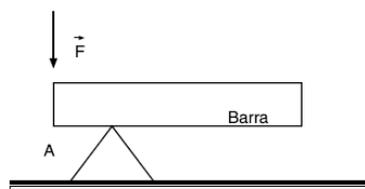
$$\text{sen } 100^\circ = 0,98$$

$$\text{sen } 160^\circ = 0,34$$

04. Uma corda (de peso desprezível) passa por duas roldanas, B e D, conforme a figura abaixo. Uma das extremidades é presa em A, em C é suspenso um peso P, e em E é aplicada uma força F de 200 N. As roldanas não têm atrito. A partir destes dados, calcule o peso P.

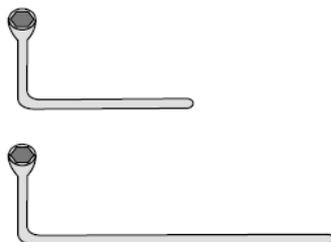


5. U.F. Santa Maria - RS A figura mostra uma barra homogênea com peso de módulo 200 N e comprimento de 1 m, apoiada a 0,2 m da extremidade A, onde se aplica uma força F que a equilibra. Calcule o módulo da força F em Newton.



- a) 50 b) 100 c) 200 d) 300 e) 400

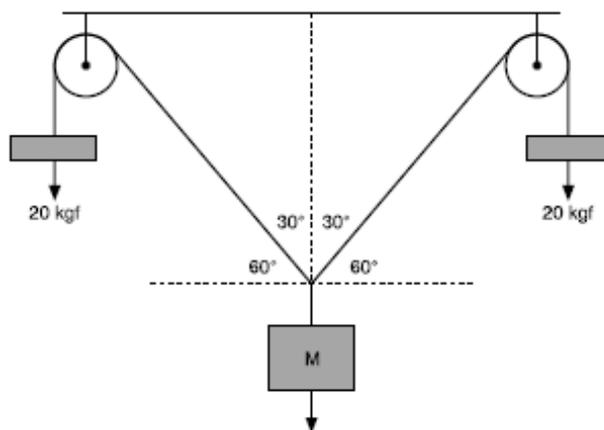
6. Unifor-CE Um motorista não consegue soltar o parafuso da roda do carro com uma chave de rodas em L. Somente consegue soltá-la quando empresta de outro motorista uma chave com o braço mais comprido. Observe o esquema das duas chaves.



A grandeza física que aumentou com o uso da chave de braço maior foi:

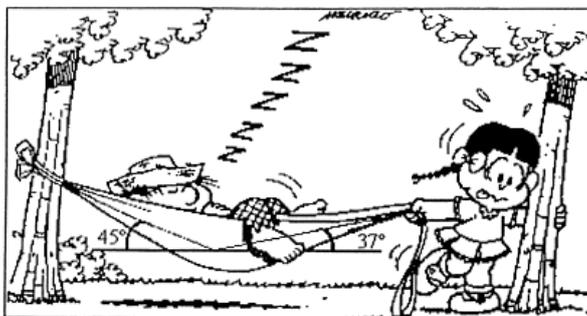
- a) o trabalho;
- b) o torque;
- c) a força;
- d) a energia potencial;
- e) o impulso.

7. F.M. Itajubá-MG Sabendo-se que o sistema abaixo está em equilíbrio e que ele é formado por fios e polias ideais (sem atrito), calcule o valor do peso M em kgf.



- a) 40
- b) $40\sqrt{3}$
- c) 10
- d) $20\sqrt{3}$
- e) $10\sqrt{3}$

8. U.E. Pelotas-RS Para garantir o sono tranquilo de Chico Bento, Rosinha segura a rede, exercendo sobre ela uma força inclinada de 37° em relação à horizontal, como mostra a figura abaixo.



Desprezando o peso da rede e sabendo que Chico Bento pesa 280 N, observamos que Rosinha terá grande dificuldade para permanecer segurando a rede, pois precisa exercer sobre ela uma força de:

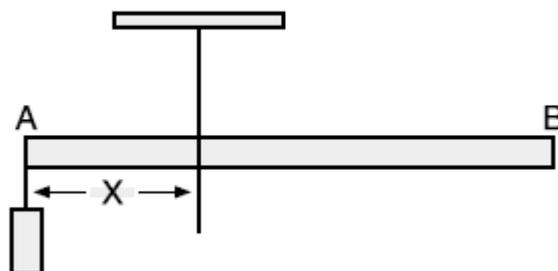
- a) 392 N b) 280 N c) 200 N d) 140 N e) 214 N

Considere:

$$\text{sen } 45^\circ = 0,7 \quad \text{cos } 45^\circ = 0,7$$

$$\text{sen } 37^\circ = 0,6 \quad \text{cos } 37^\circ = 0,8$$

9. PUC-PR A figura representa uma barra rígida homogênea de peso 200 N e comprimento 5 m, presa ao teto por um fio vertical. Na extremidade A, está preso um corpo de peso 50N.



O valor de X para que o sistema permaneça em equilíbrio na horizontal é:

- a) 1,2 m b) 2,5 m c) 1,8 m d) 2,0 m e) 1,0 m

10. U.F. Juiz de Fora-MG Pode-se usar um prolongador para aumentar o comprimento do cabo de uma chave de roda manual, para retirar parafusos emperrados de rodas de automóveis.

O uso do prolongador é necessário para:

- a) aumentar o torque da força aplicada;
 b) aumentar o módulo da força aplicada;
 c) mudar a direção da força aplicada;
 d) reduzir o trabalho realizado pela força aplicada.

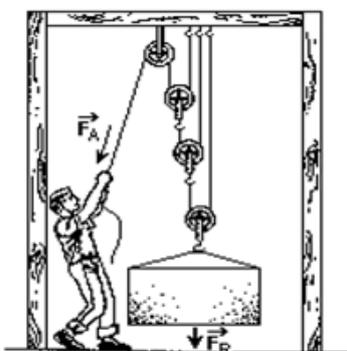
11. UFRJ Na figura ao lado suponha que o menino esteja empurrando a porta com uma força $F_1 = 5 \text{ N}$, atuando a uma distância $d_1 = 2 \text{ metros}$ das dobradiças (eixo de rotação) e que o homem exerça uma força $F_2 = 80 \text{ N}$ a uma distância de 10 cm do eixo de rotação.



Nestas condições, pode afirmar que:

- a) a porta estaria girando no sentido de ser fechada;
- b) a porta estaria girando no sentido de ser aberta;
- c) a porta não gira em nenhum sentido;
- d) o valor do momento aplicado à porta pelo homem é maior que o valor do momento aplicado pelo menino;
- e) a porta estaria girando no sentido de ser fechada pois a massa do homem é maior que a massa do menino.

12. (CFTCE) Na figura ao lado, temos uma combinação de roldanas móveis e fixas, constituindo uma talha exponencial. Qual a força de ação (F_A), a ser aplicada para erguer e manter em equilíbrio uma força de resistência (F_R) de 800 N?



GABARITO

1. b 2. e 3. 2882N 4. 400N 5. d 6. b 7. d 8. c 9. d
10. a 11. b 12. 100N



Este ícone apresenta de forma detalhada um planejamento para que o professor possa ter um ponto de partida para discutir com seus alunos o conteúdo de estática.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ESTÁTICA NO ENSINO MÉDIO

A presente sequência didática tem como objetivo apresentar a disciplina de Estática para os alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Para tanto, partimos de uma atividade de investigação, direcionada para o conhecimento por parte do professor, sobre os aspectos do tema que os alunos possuem. Para tal, os alunos deverão responder em uma folha um questionamento sobre o significado de equilíbrio para eles através da relação do tema com cinco palavras que surge em suas mentes a respeito do conceito. Após as respostas coletadas pelo professor, dá-se início a uma sequência de atividades divididas em 8 horas aulas de 50 minutos, por meio dos seguintes temas: Determinação da força resultante, Equilíbrio Estático, Diagrama de Corpo Livre, Centro de Gravidade, Centro de Massa, Momento de uma Força e Máquinas Simples. Na sequência, serão apresentadas atividades teóricas, atividades experimentais e atividades de simulação com o objetivo de aprofundar as discussões a cerca dos fenômenos ligados à Estática. As atividades a serem realizadas estarão sugeridas em uma mídia digital, na forma de um CD, e poderão ser manipuladas pelo professor durante a sua aplicação. Desta forma acreditamos que o processo será de grande valia não só para os alunos, mass também, será mais uma ferramenta a ser utilizada pelo professor na sala de aula, enquanto mediador no processo de ensino e aprendizagem.

1 INTRODUÇÃO

Através de uma pesquisa realizada com alunos do curso de engenharia civil, de uma instituição particular na cidade de Maringá-Pr, foi detectada a real necessidade de uma abordagem da disciplina de estática no ensino médio das escolas públicas do estado do Paraná, pois muitos dos alunos responderam que essa parte tão importante da Física, é abandonada pelos professores com a justificativa de haver uma pequena carga horária da disciplina, perante tantos conteúdos que são relevantes à formação científica dos alunos. Diante deste aspecto, foi pensado em uma sequência didática, com uma carga pré-estabelecida, com o objetivo dos professores se programarem em seu planejamento anual, e conseguir trabalhar os temas de Estática.

Assim, vamos dar início às atividades com uma pesquisa com os alunos sobre seus conhecimentos prévios sobre o tema denominado de equilíbrio, como citado no resumo, sendo que os alunos devem escrever em uma folha de sulfite, cinco palavras que surgem em suas mentes quando se deparam com o tema. Veja que começamos assim, com uma atividade investigativa sobre o assunto a ser trabalhado.

Espera-se que com a sequência didática, ao final, os alunos consigam descrever quais as condições que levam ao estado de equilíbrio, só que agora de uma forma mais conceitual em relação aos conceitos primitivos.

2 DETALHAMENTO DAS AULAS

Conteúdo Físico

Durante as aulas será abordados os seguintes conteúdos: Determinação da força resultante, Equilíbrio Estático, Diagrama de Corpo Livre, Centro de Gravidade, Centro de Massa, Momento de uma Força e Máquinas Simples.

Quadro Sintético

AULA 01	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	<p>Apresentação da proposta ensino e aprendizagem a ser trabalhada durante oito horas aulas, com o objetivo do ensino de Estática.</p> <p>Apresentação da Atividade Investigativa: Escreva cinco palavras que você relaciona com equilíbrio.</p>	<p>O professor deverá propor aos alunos que citem e expliquem quais os motivos da escolha destas palavras em relação ao conceito de equilíbrio. Nesse instante também o professor poderá trabalhar o que é Estática propriamente dita com seus alunos, e caso sintam-se confortáveis com o assunto pode também trabalhar sua evolução histórica.</p>	50 min
AULA 02	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	<p>Aula expositiva: Determinação da Força Resultante. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.</p>	<p>O professor apresentará como se determina a força resultante através de diferentes métodos: lei do paralelogramo e lei dos polígonos. Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.</p>	35 min
	<p>Atividade Proposta de Avaliação.</p>	<p>Nesse instante, o professor trabalha com uma questão, para determinar o quanto seu aluno evoluiu, durante sua explicação expositiva sobre o tema proposto. Nesse instante, pode-se utilizar as ferramentas tecnológicas que possuem, tais como o celular, ou uma calculadora.</p>	15 min
AULA 03	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	<p>Discussão Geral sobre o tema da aula 2, como retomada do assunto</p>	<p>Observar as dúvidas que os alunos apresentaram na resolução das atividades propostas</p>	15 min
	<p>Apresentação da Problematização: Visto o conceito da determinação da força resultante, quais as suas ideias acerca do estado de equilíbrio?</p>	<p>Neste instante, o professor age como mediador no debate com os alunos, no que diz respeito da atividade investigativa sobre o assunto.</p>	5 min
	<p>Aula expositiva: Equilíbrio Estático. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.</p>	<p>O professor apresentará os conceitos que levam os corpos ao estado de equilíbrio. Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.</p>	25 min
	<p>Discussão Geral</p>	<p>O professor realizará com os alunos uma discussão sobre a teoria de equilíbrio. Esclarecendo possíveis</p>	5 min

		dúvidas ou maiores curiosidades a respeito do conteúdo proposto.	
AULA 04	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade prática I: Uso do simulador Equilíbrio estático - 1º momento: Laboratório de Informática.	O professor encaminhará os alunos ao laboratório de informática e apresentará o simulador de equilíbrio aos alunos, pedindo que façam simulações com massas diferentes, com angulações dos fios diferentes, com o objetivo da determinação das forças de tração nos fios.	30 min
	Atividade prática I: Uso do simulador Equilíbrio Estático -2º momento: Análise e discussão.	Ainda, com base no roteiro pré-estabelecido, o professor encaminhará a finalização da prática I por meio de questionamentos como forma de contextualizar a utilização do simulador do equilíbrio estático, aliando teoria e prática.	20 min
AULA 05	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade Investigativa: Discussão a respeito de Centro de Gravidade	Neste instante, caberá novamente ao professor o papel de intermediador sobre o tema em questão, que nesse caso é o centro de gravidade. Perguntar aos alunos sua ideia primitiva sobre o tema.	5 min
	Atividade Experimental de Centro de Gravidade. Uso do Datashow, computador, e materiais para as práticas.	O professor apresenta duas atividades experimentais investigativas, através de vídeos contidos na Mídia, explicando aos alunos o procedimento a ser adotado: Atividade I – Investigação do centro de gravidade num sistema garfos-palito de dente e Atividade II, Investigação do centro de gravidade num sistema de conjunto de pregos.	25 min
	Aula expositiva: Centro de Gravidade. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará os conceitos que determinam a posição do centro de gravidade. Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	20 min
AULA 06	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade Investigativa: Discussão a respeito de Momento de uma força	Cabe ao professor, perguntar aos alunos, se os conceitos apresentados até este instante, já são suficientes para afirmar que os corpos estão em equilíbrio, ou se mais alguma condição se faz necessária.	5 min
	Aula expositiva: Momento de uma Força. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará o conceito de momento de uma força (torque). Para fixação do conteúdo, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na	25min

		mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	
	Apresentação de um vídeo do telecurso 2 ^o Grau, sobre Momento de uma Força.	Neste instante, cabe ao professor apenas a apresentação do vídeo.	20 min
AULA 07	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade prática II: Uso do simulador de Momento de uma Força 2 ^o momento: Laboratório de Informática.	O professor encaminhará os alunos ao laboratório de informática e apresentará o simulador de momento de uma força (PHET Colorado), pedindo que façam simulações que trazem a prancha ao estado de equilíbrio, utilizando massas em diferentes pontos, mostrando aos alunos como se determina o estado de equilíbrio. Neste simulador, também é possível o aluno se divertir, jogando com os conceitos aprendidos de estática.	50 min
AULA 08	MOMENTO	COMENTÁRIO	TEMPO
	Atividade Investigativa: Discussão a respeito Máquinas Simples	Nesta última aula, o professor poderá começar sua aula, perguntando aos alunos, se os mesmos conhecem as máquinas simples que estão presente em seu cotidiano, e como elas auxiliam nas atividades diárias.	15 min
	Aula expositiva: Máquinas Simples. Uso do Datashow, computador, quadro e giz.	O professor apresentará as possíveis máquinas simples presentes em nosso cotidiano, por exemplo, as roldanas, o plano inclinado, as alavancas e os parafusos. Para fixação dos conteúdos, pode-se utilizar de atividades teóricas inseridas na mídia, no ícone testes. Pode-se também pedir que algumas atividades propostas sejam entregues na próxima aula, como atividades domiciliares.	35 min

Fonte: Autor (2017)

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO DE CADA AULA

AULA 01

Tema – Apresentação da Proposta de Trabalho

AULA 02

Tema – Determinação da Força Resultante.

Objetivo – Nesta aula, o professor tem como principal objetivo, a demonstração, mesmo que através de uma aula expositiva, a determinação da força resultante seja através da regra do paralelogramo, da regra dos polígonos ou do método da decomposição das forças no plano cartesiano.

Material

- Quadro
- Giz
- Computador
- Calculadora ou Celular
- Datashow

AULA 03

Tema – Equilíbrio Estático.

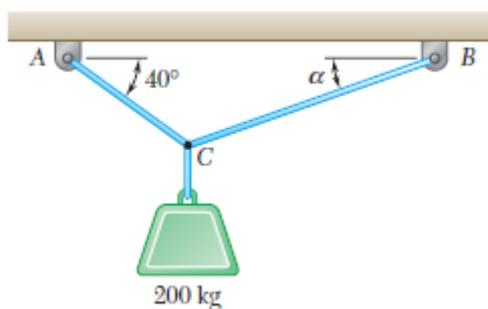
Objetivo – Apresentação Expositiva dos conceitos envolvidos na determinação da força resultante igual a zero, aplicada a um ponto material, que é a condição que leva o mesmo a ficarem equilibrados estaticamente.

Atividade 2

Agora que você conhece o conceito de equilíbrio, vamos resolver esta atividade.

Dois cabos estão ligados em C e são carregado tal como mostra a figura. Sabendo que $\alpha = 30^\circ$, determine a tração (a) no cabo AC e (b) no cabo BC.

(Dados: $\sin 40^\circ = 0,643$; $\cos 40^\circ = 0,766$; $\sin 30^\circ = 0,500$ e $\cos 30^\circ = 0,866$)



AULA 04

Tema – Uso de simulador: Peso sustentado por dois cabos.

Objetivo – Despertar o interesse dos alunos pelo assunto abordado e estimular a sua participação no decorrer das aulas.

Materiais:

- Laboratório de informática;
- Computador;
- Simulador do Peso sustentado por dois cabos do wolfram demonstrations.
- Datashow

Instruções

O simulador está presente no site do <http://demonstrations.wolfram.com> e pode ser utilizado direto no computador, não necessitando o uso da internet para sua utilização. Nesse instante, é importante informar que todos os créditos do simulador são de propriedade exclusiva do wolfram demonstrations.

Para a utilização do simulador, há três cursores de fácil manuseio, onde os mesmos podem se mover da esquerda para a direita e vice-versa, variando os possíveis valores da massa do corpo preso aos fios, bem como a angulação dos fios em relação ao eixo horizontal. Os possíveis valores para a massa variam de 100 a 1000 kg, e os ângulos, tanto do lado esquerdo e do lado direito, de zero a cinquenta graus, sempre em relação a horizontal. Uma

observação que deve ser feita aos alunos, é que o valor da aceleração gravitacional utilizada pelo simulador é de $9,8\text{m/s}^2$.

Procedimentos

1) Inicialmente propor aos alunos que utilizem os cursores do simulador para os dados da atividade 2, proposta na aula 3, e verifiquem se os valores calculados por eles, realmente estão corretos, através da simulação. Observe que a massa é de 200kg, ângulo esquerdo de quarenta graus e o da direita de trinta graus.



Weight Suspended by Two Cables

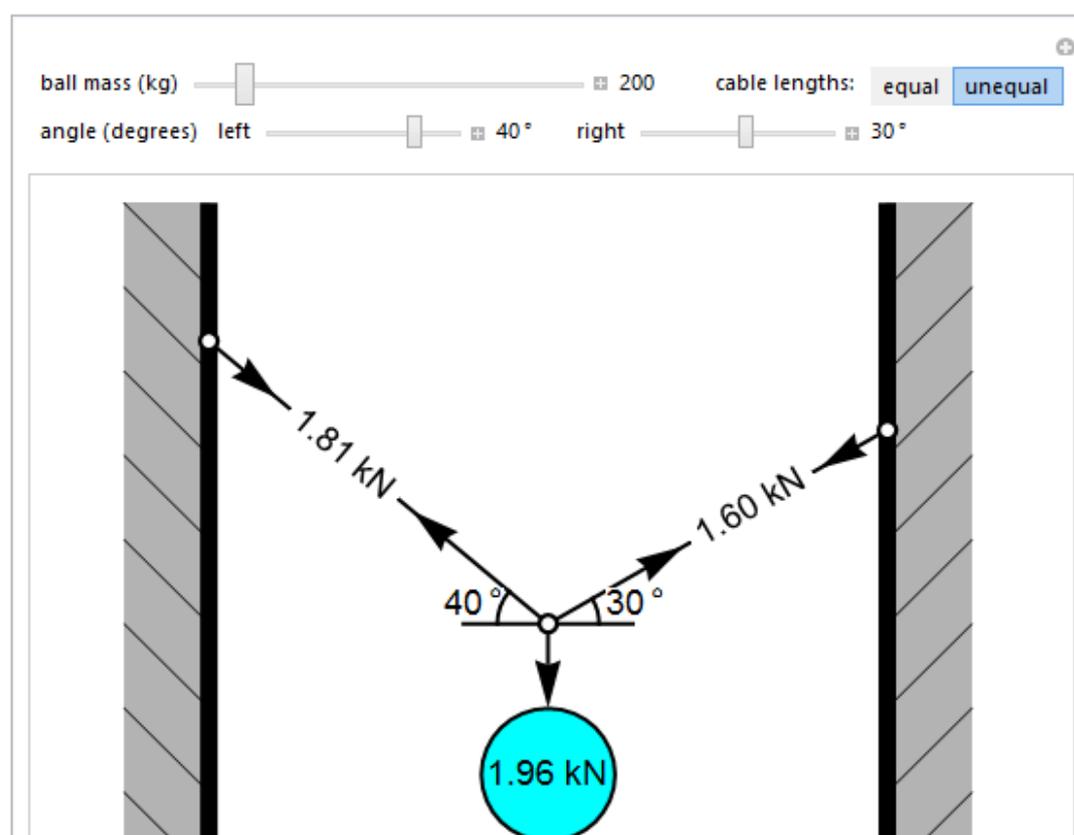


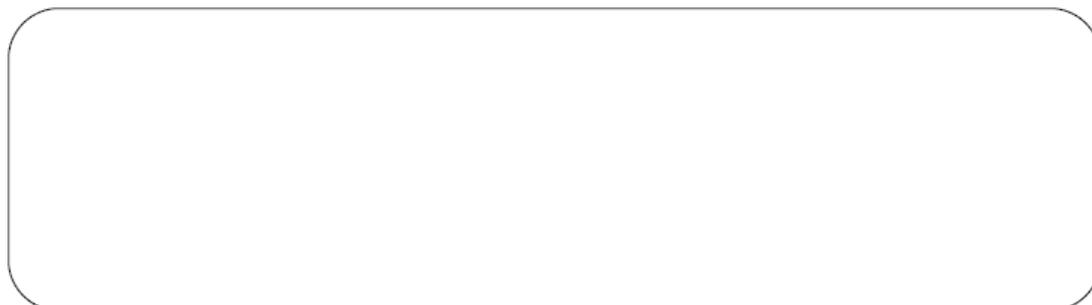
Imagem 1: Aparência inicial do simulador Peso sustentado por dois cabos

Fonte: <http://demonstrations.wolfram.com>

Anote quais foram os valores calculados por você, e os valores encontrados na simulação. Analisando-os, você percebeu valores diferentes da simulação, ou os valores são os mesmos? Discuta quais são os possíveis erros que fazem com que estes valores não estejam corretos?

2) Compare o valor calculado pela teoria ,e o valor encontrado no procedimento do simulador, determinando o erro experimental por meio da equação:

$$\Delta\% = \frac{|Valor_{SIMULADOR} - Valor_{Calculado}|}{Valor_{SIMULADOR}} \cdot 100$$



3) Agora regule os cursores para ângulos iguais, tanto do lado esquerdo e do lado direito, para uma massa de 200kg. Observe os valores das trações nos fios, e descreva em poucas linhas se os valores encontrados são iguais ou diferentes, e suas opiniões a respeito.

4) Neste instante podemos fazer uma simulação para comprovar a lei dos senos para ângulos de 120° . Para isso, mover o cursor para ângulos a

esquerda e direita iguais a 30^0 . Observe no simulador o valor das trações, e descreva o fato ocorrido.

AULA 5

Tema – Determinação do Centro de Gravidade.

Objetivo – Nesta aula, o professor tem como principal objetivo, a investigação, do centro de gravidade através de duas atividades experimentais, bem como a discussão do assunto de forma expositiva e dialogada, da determinação do centro de gravidade de um conjunto de partículas, bem como, do centro de massa de um corpo extenso.

Materiais

- Quadro
- Giz
- Computador
- Calculadora ou Celular
- Datashow
- Garfos
- Palitos de dente
- Conjunto de Pregos

Atividade I

Neste experimento cabe ao professor, a separação da turma em cinco equipes (ou um número diferente de acordo com a realidade de cada professor), e a distribuição dos materiais, que são garfos e palitos de dente.

Atividade Investigativa

Como equilibrar dois garfos e um palito de dente na extremidade de outro palito de dente?

Atividade II

Atividade Investigativa

Como equilibrar dez pregos na extremidade na extremidade de um único prego?

AULA 6

Tema – Determinação do Momento de uma Força (Torque).

Objetivo – Nesta aula, o professor vai iniciar com uma atividade investigativa com os alunos para quantificar a percepção dos alunos a respeito do equilíbrio estático. Nesse instante, espera-se que os mesmos já tenham a noção de que o somatório das forças iguais a zero, garante aos corpos o equilíbrio. Por isso, pode-se iniciar as discussões com perguntas, tais como: quais as condições levam a um corpo a ficar em equilíbrio estático? Somente a condição de força resultante nula determina o estado de equilíbrio de um corpo?

Materiais

- Quadro
- Giz
- Computador
- Calculadora ou Celular
- Datashow

AULA 07

Tema – Uso de simulador: Peso sustentado por dois cabos.

Objetivo – Despertar o interesse dos alunos pelo assunto abordado e estimular a sua participação no decorrer das aulas.

Materiais:

- Laboratório de informática;
- Computador;
- Simulador do Peso sustentado por dois cabos do wolfram demonstrations.
- Datashow

Procedimento

Mostrar aos alunos a introdução do simulador, balançando site PHET COLORADO, onde os alunos poderão interagir com a ferramenta. Neste ponto, o professor vai questionando a respeito do estado de equilíbrio de objetos a serem inseridos em uma gangorra, em posições distintas, com o uso de réguas para a visualização das distâncias em que as massas deverão ser introduzidas, com o objetivo específico do equilíbrio estático.

As massas não poderão ser colocadas aleatoriamente na gangorra, apesar de haver mais de uma possibilidade de equilíbrio estático. Para uma atividade de reconhecimento da aprendizagem, coloque a massa maior, a de 10 kg, em uma posição específica, que pode ser, por exemplo, a uma distância de 1,0m da posição de equilíbrio.

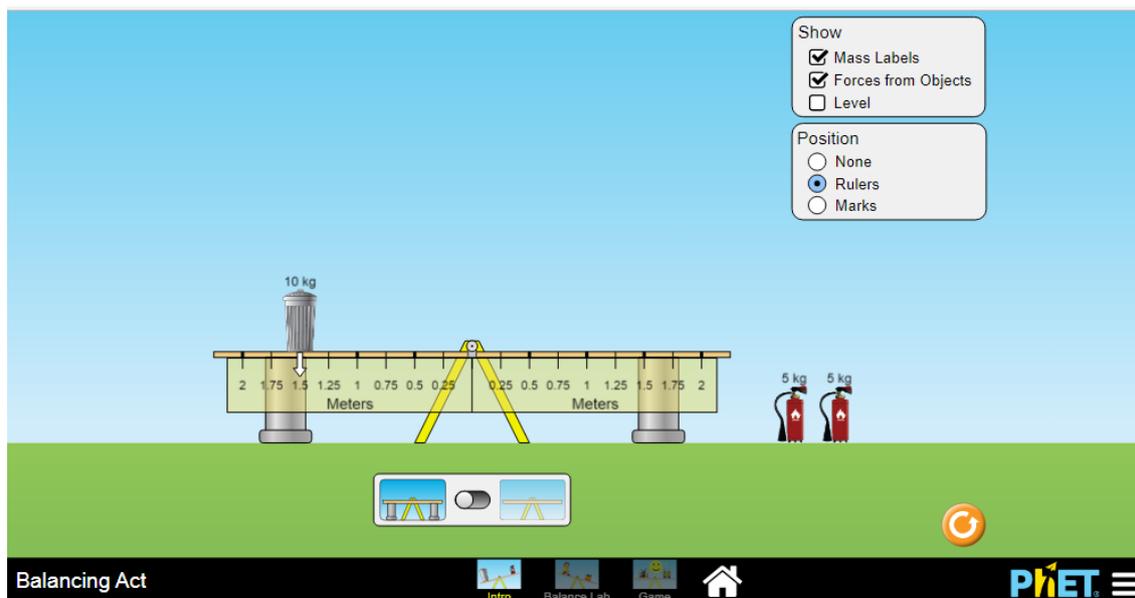


Imagem 2: Aparência inicial do simulador Balançando

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_en.html

1) Determinar as posições das massas menores, as de 5kg cada uma, com o objetivo de verificar o equilíbrio estático, quando se liga o simulador para verificação. As duas massas, que somadas dão os 10kg, não podem ser colocadas juntas na outra extremidade da gangorra, também na posição de 1,0m da posição central, ou seja, você deverá primeiramente fazer cálculos matemáticos envolvendo distâncias e forças, para se atingir tal objetivo. Anote os resultados por você obtidos:

2) Agora que você conhece o momento de uma força, anote sua conclusão a respeito do estado de equilíbrio estático.

3) Experimente repetir o processo, agora utilizando a laboratório de equilíbrio, no simulador. Tente fazer agora com que a massa de 10kg fique na posição de 2,0m e a massa de 20kg fique na posição de 1,0m. Coloque outras massas para que fiquem em equilíbrio estático. Anote suas conclusões.

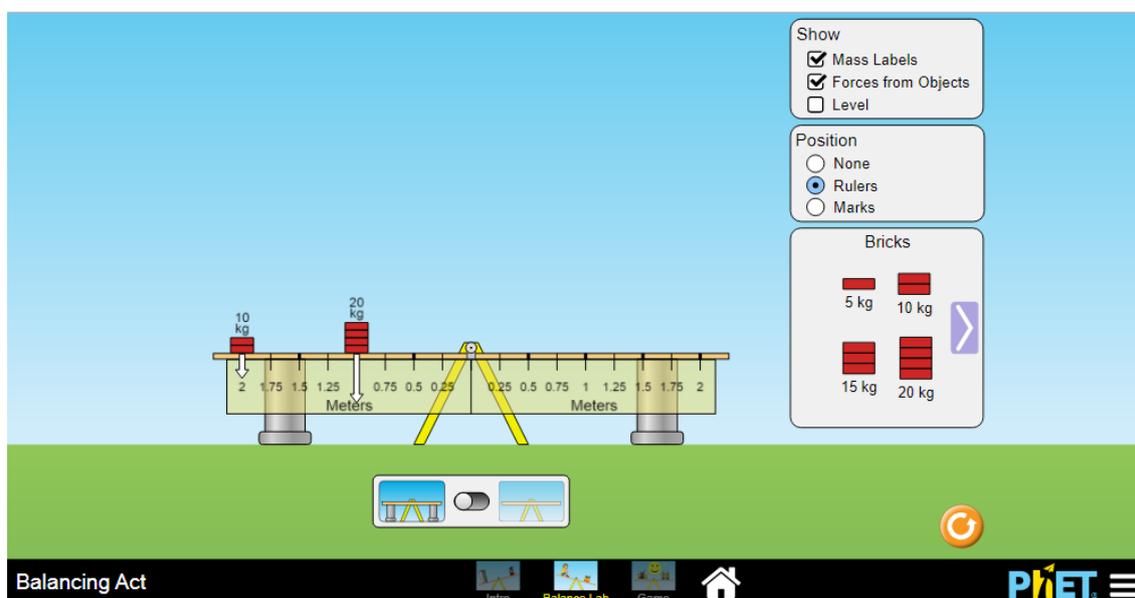


Imagem 3: Aparência inicial do simulador balançando

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_en.html

4) Discuta com seus colegas e chegue a uma conclusão sobre a relação existente entre força e distância.

5) A partir da ocorrência do equilíbrio estático, qual a relação do conteúdo trabalhado e o seu cotidiano. Em quais situações você observa o momento de uma força?

6) Junte com mais dois colegas e brinque um jogo divertido utilizando para tal os conhecimentos adquiridos até o presente momento.

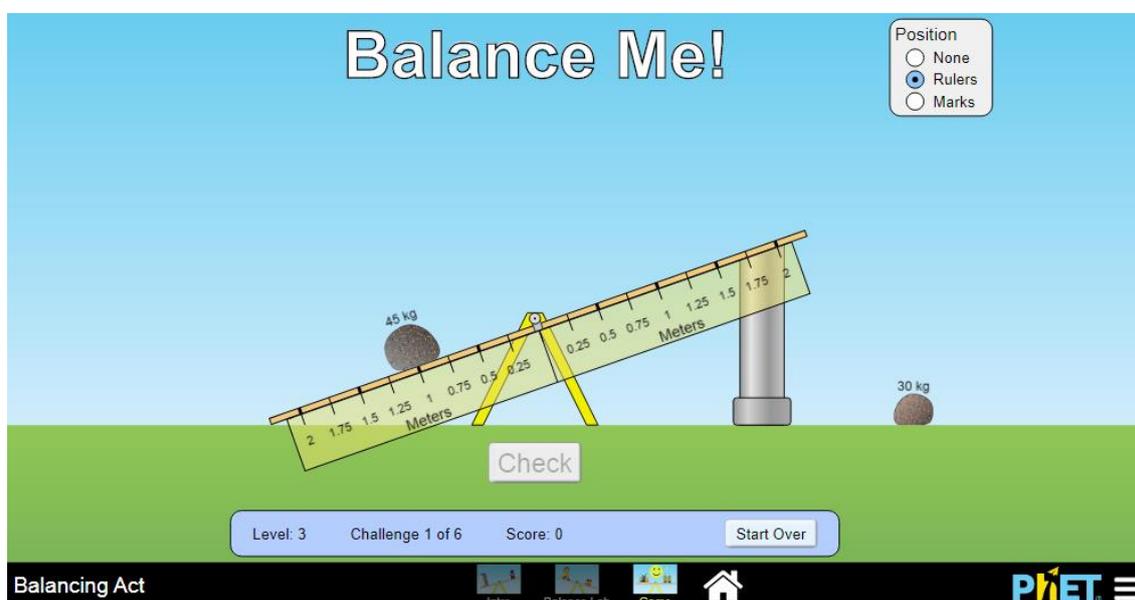


Imagem 4: Aparência inicial do simulador balançando

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_en.html

AULA 8

Tema – Máquinas Simples.

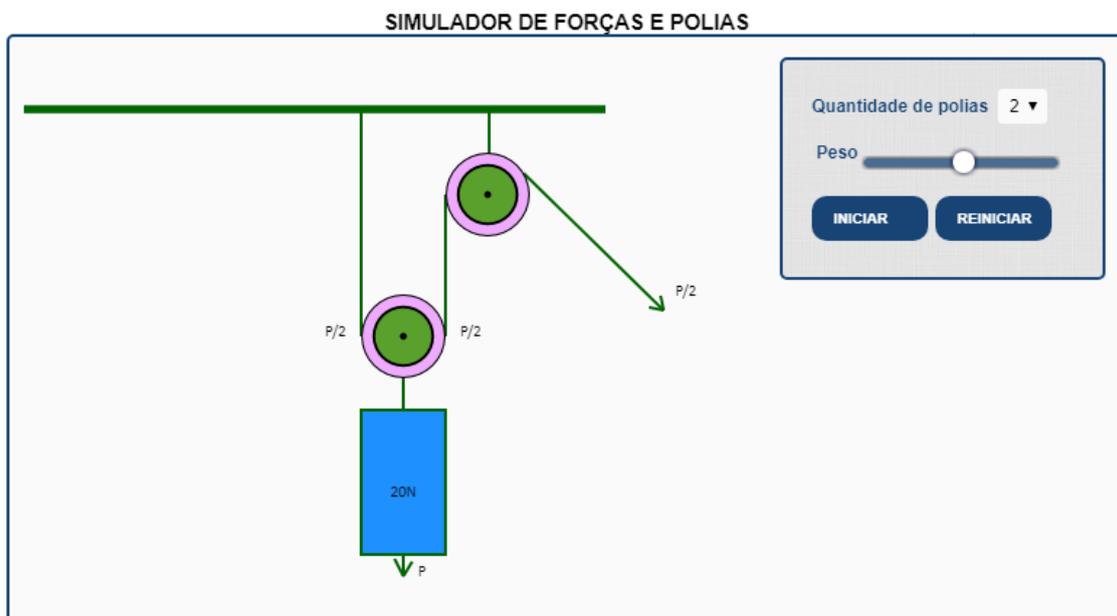
Objetivo – Nesta aula, o professor tem como principal objetivo, a demonstração, mesmo que através de uma aula expositiva, do funcionamento das máquinas simples, tais como as roldanas, as alavancas, o plano inclinado e o parafuso. Fazer com que os alunos tenham uma aprendizagem significativa a respeito do tema.

Materiais

- Quadro
- Giz
- Computador
- Calculadora ou Celular
- Datashow

Como sugestão, caso tenha interesse em fazer simulações de roldanas, utilize o simulador no site SACI Simulações Acadêmicas da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Imagem 5: Aparência inicial do simulador de Forças e Polias

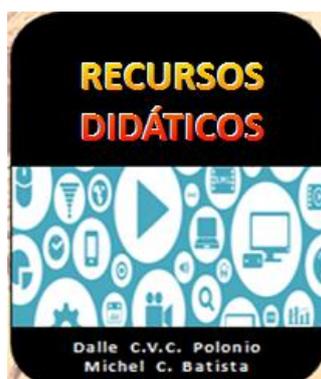


Fonte: <http://www.saci.ufc.br/index.php/19-ambiente-academico/fisica-geral-i/57-teste>

3. CONSIDERAÇÕES

As atividades que descrevemos nesta sequência didática são ideais para a aplicação do conteúdo de Mecânica Estática, bem como, para a introdução do conceito de equilíbrio estático no 1º ano do Ensino Médio. A simplicidade de sua execução permite que ele seja facilmente compreendido pelo professor e que deve repassá-lo aos alunos.

A avaliação proposta nesta sequência não possui caráter excludente. Dessa forma, os alunos ficarão motivados a participarem das aulas de física, bem como despertará suas curiosidades a respeito deste conhecimento e a pesquisa a seu respeito além da sala de aula.



Ao clicarmos no ícone recursos didáticos outra tela se abrirá, visto que na sequência didática foi proposto a utilização de diferentes recursos. Todos os recursos utilizados na sequência didática estão disponíveis nesta tela.



Vamos aqui apresentar os diferentes recursos e ao final voltamos ao menu principal para apresentar a leitura complementar.

O primeiro recurso disponível é a atividade prática.



Ao clicar no ícone atividades práticas uma nova tela se abrirá, com a possibilidade de três atividades diferentes.



A atividade prática 1 e 2 são exatamente as que foram utilizadas na sequência didática, utilizando materiais de baixo custo e uma abordagem investigativa. Já a atividade prática 3 foi planejada pensando em uma escola que tenha laboratório de física, fica aqui, apenas como uma sugestão para o professor caso a escola tenha espaço físico e material necessário.



ATIVIDADE PRÁTICA 1: EQUILÍBRIO DE PREGOS

Será possível equilibrar dez pregos sobre um único prego?

Importante: nenhum dos pregos pode encostar na superfície!

Materiais Importantes

- 1 base de madeira (5cmx5cm)
- 11 pregos (grandes)

Montagem experimental

Firme o prego na base de madeira (prego suporte).



Coloque um prego deitado no chão (prego apoio). Depois coloque em cima dele oito pregos intercalados (pregos costelas).



Depois de intercalados os "pregos costelas", coloque um prego por cima (prego trava) para formar a estrutura, que ficará estável.

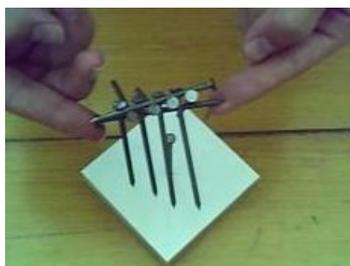
Os "pregos costelas" precisam ter a cabeça grande, para poder travar no "prego trava".



Para erguer a estrutura, pegue-a pelas pontas do "prego apoio", tentando firmar o "prego trava" para que nenhum prego costela escape dele.



Depois da estrutura estável, é só equilibrá-la no prego suporte. O mesmo também pode ser feito com parafusos, lembrando que a cabeça dos "parafusos costelas" deve ter uma forma tal que permita o encaixe no "parafuso trava".



ATIVIDADE PRÁTICA 2: EQUILÍBRIO DOS GARFOS

Será possível equilibrar dois garfos e um palito de dente na ponta de um outro palito de dente?

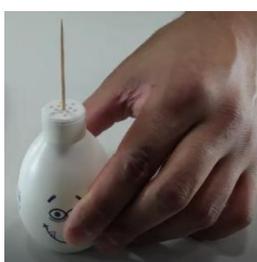
Importante: nenhum dos itens pode encostar na superfície!

Materiais Necessários

- palitos de dente;
- 2 garfos;
- 1 saleiro

Montagem Experimental

Fixe um palito de dente em um dos buracos do saleiro.



Espete os dois garfos.



Encaixe um palito de dente entre os "dentes" dos garfos.



Depois da estrutura estável, coloque a extremidade livre do palito que está encaixado nos garfos na extremidade livre do palito fixo no saleiro, encontre o ponto de equilíbrio.



ATIVIDADE PRÁTICA 3: SOMA VETORIAL DE FORÇAS

Objetivo

Verificar a soma vetorial de três forças exercidas num anel em equilíbrio estático, a partir da lei do paralelogramo e a decomposição de forças.

Fundamentação teórica

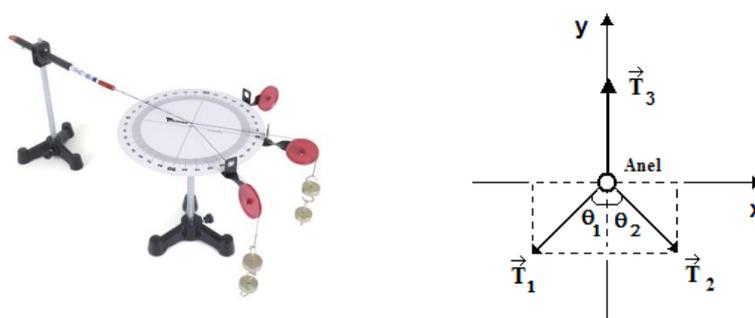
As grandezas físicas vetoriais necessitam de um tratamento matemático apropriado, elas não podem ser somadas como escalares, na soma das grandezas vetoriais deve-se considerar a sua direção e seu sentido para obter os resultados corretos. A força é um exemplo de uma grandeza vetorial, a experiência mostra que podemos substituir duas ou mais forças atuando num ponto material pela soma dessas forças, ou pela força resultante. A força

resultante de duas forças, por exemplo, pode ser obtida graficamente ou pelo método do paralelogramo.

Materiais utilizados

Balança, bandejas, anel, roldanas, balança, transferidor, escala graduada, lupa, massas padronizadas, fios.

Foto/Esquema do experimento



Procedimentos experimentais

1. Na balança, meça as massas das três bandejas fornecidas e anote na tabela 1.
2. Faça a montagem de acordo com o esquema experimental ligando o anel às três roldanas por meio de fios, e ligue cada o fio sobre cada roldana a uma bandeja.
3. Adicione massas às bandejas de modo que o anel fique equilibrado, ou seja, tente fazer o parafuso ficar no centro do anel.
4. Meças as massas padronizadas em cada bandeja e anote os dados na tabela 2.
5. Meça os ângulos θ_1 e θ_2 que as forças \vec{T}_1 e \vec{T}_2 fazem, respectivamente, com o eixo vertical (eixo-y) e anote os dados na tabela 3.

Tabela 1

Massa da bandeja 1	$mb_1 =$
Massa da bandeja 2	$mb_2 =$
Massa da bandeja 3	$mb_3 =$

Tabela 2

Massa sobre a bandeja 1	$Mb_1 =$
Massa sobre a bandeja 2	$Mb_2 =$
Massa sobre a bandeja 3	$Mb_3 =$

Tabela 3

Ângulo θ_1 (em graus) =
Ângulo θ_2 (em graus) =

Cálculos

Faça os seguintes cálculos ao seu relatório:

Os módulos das forças \vec{T}_1 , \vec{T}_2 e \vec{T}_3 são obtidos a partir das somas das massas da bandeja com as massas sobre a mesma. Então, para cada força teremos:

$$T_1 = (mb_1 + Mb_1) \times g = (mb_1 + Mb_1) \times 9,81 = \text{_____} \text{ N}$$

$$T_2 = (mb_2 + Mb_2) \times g = (mb_2 + Mb_2) \times 9,81 = \text{_____} \text{ N}$$

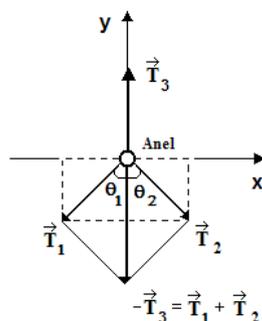
$$T_3 = (mb_3 + Mb_3) \times g = (mb_3 + Mb_3) \times 9,81 = \text{_____} \text{ N}$$

De acordo com a segunda lei de Newton, temos para o anel:

$$\vec{F}_{res} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0, \text{ ou seja,}$$

$$-\vec{T}_3 = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$$

As forças \vec{T}_3 e $-\vec{T}_3$ têm a mesma direção, o mesmo módulo, mas sentidos contrários. Observe na figura abaixo que as três forças, \vec{T}_1 , \vec{T}_2 e $-\vec{T}_3$, formam um paralelogramo.



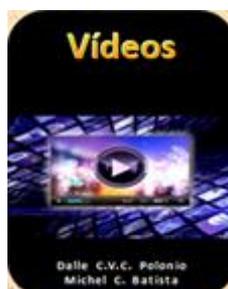
Verifique com os seus dados que as forças envolvidas satisfazem a regra do paralelogramo, ou seja,

$$T_3 = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1T_2\cos\theta}$$

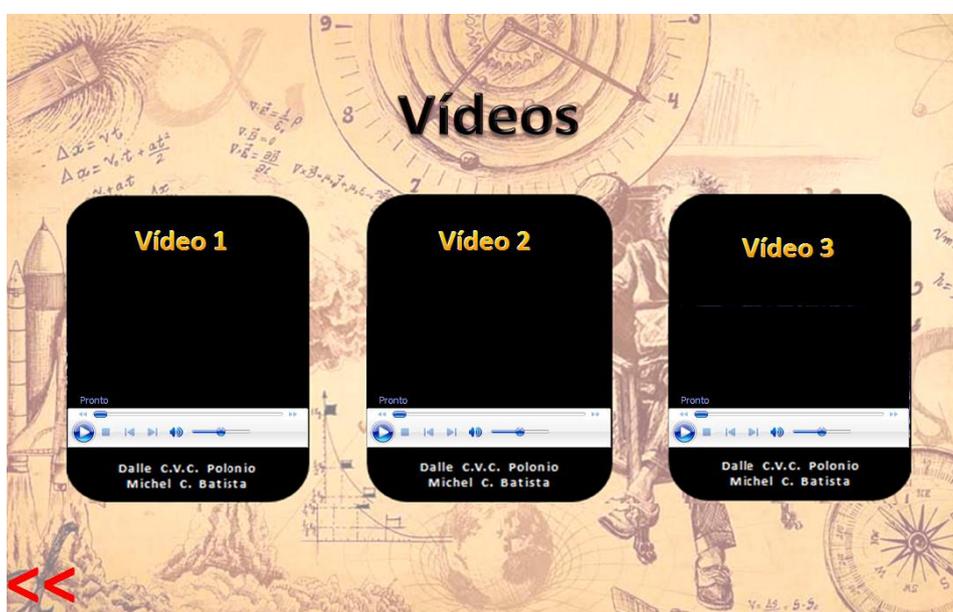
Onde $\theta = \theta_1 + \theta_2$.

Faça a soma vetorial das três forças, para isto decomponha as forças \vec{T}_1 e \vec{T}_2 nos eixos x e y usando os ângulos θ_1 e θ_2 . Use os dados obtidos no experimento para verificar que a soma é nula.

Votamos ao menu recursos didáticos, o segundo recurso pensado foi o vídeo.



Quando clicamos sobre o ícone abre-se uma nova tela, com a opção de três vídeos. Os vídeos 1 e 2 fazem parte de um canal do youtube conhecido como Mr Bizu total, nesse canal existem muitas experiências de física com materiais acessíveis, o vídeo 1 trata do equilíbrio de pregos e o vídeo 2 do equilíbrio de garfos em um palito de dente. Já o vídeo 3 foi retirado do tele curso 2000, um episodio sobre torque, acreditamos que os vídeos do tele curso 2000 são muito didáticos e trazem em seus diálogos muitas aplicações do conteúdo estudado no dia a dia do aluno.



A seguir disponibilizamos os links dos vídeos:

Vídeo 1: Equilíbrio de pregos

<https://www.youtube.com/watch?v=ocs7akaAM00&t=97s>

Vídeo 2: Equilíbrio surpreendente

<https://www.youtube.com/watch?v=SbTHcgB3F8g&t=125s>

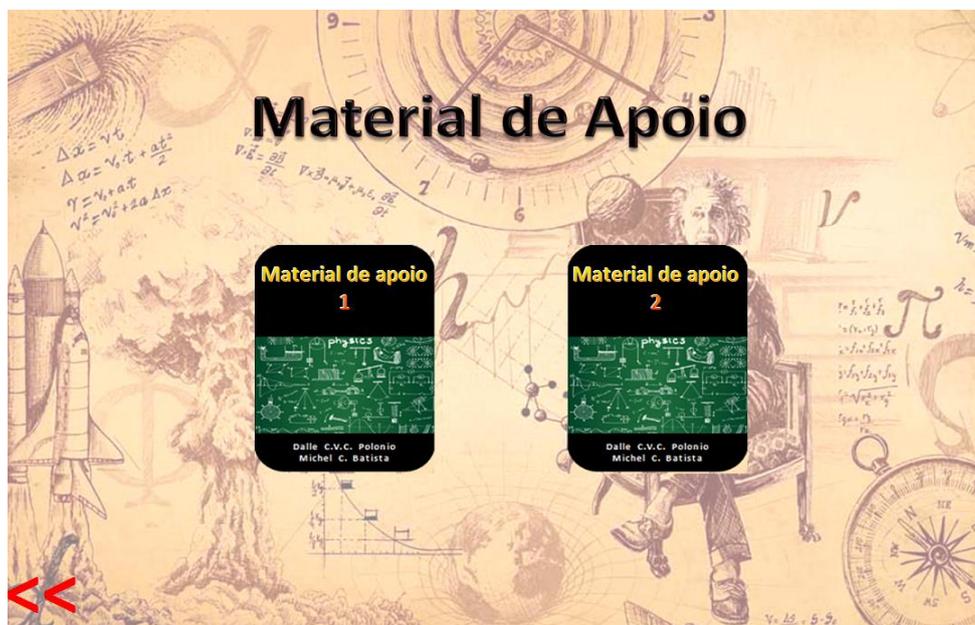
Vídeo 3: Tele curso 2000 - Aula sobre momento da força - torque

<https://www.youtube.com/watch?v=rLaTx6xVjxg>

Votamos ao menu recursos didáticos, o próximo recurso chamamos de material de apoio, este pode servir tanto ao professor quanto ao aluno e constitui-se em exercícios resolvidos sobre o tema estática.



Quando clicamos sobre o ícone abre-se uma nova tela, com duas opções, ambas constituem-se por exercícios resolvidos.



O material de apoio 1 contém oito exercícios aleatórios sobre o tema estática, todos resolvidos e comentados, caso o professor queira passar uma lista de exercícios. O material de apoio 2 contém exercícios resolvidos e

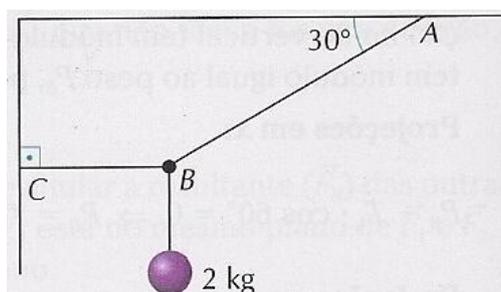
propostos, na mesma sequência do livro produzido e apresentado anteriormente. A seguir os materiais produzidos.



MATERIAL DE APOIO 1

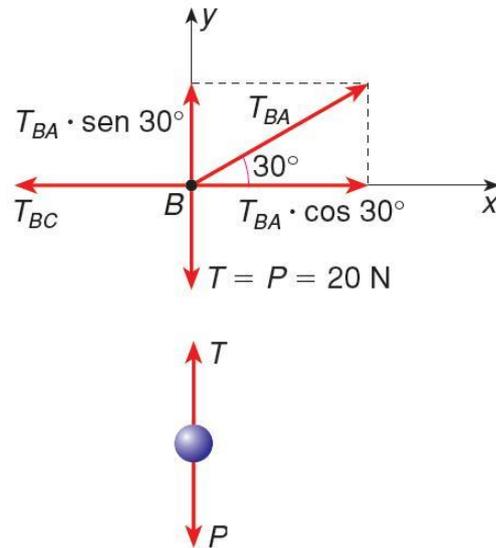
Exercícios Resolvidos

1. Na figura abaixo o corpo suspenso tem massa igual a 2kg. Os fios tem pesos desprezíveis e o sistema está em equilíbrio estático. Determine as trações nos fios AB e BC. (Dados: $\text{sen } 30^\circ = 0,5$ e $\text{cós } 30^\circ = 0,87$).



Resolução:

Isolemos o ponto B , onde concorrem os três fios. Observe que a tração no fio vertical tem módulo igual ao peso P . Vamos resolver esse exercício pelo método das projeções.



Projeções em x :

$$T_{BA} \cdot \cos 30^\circ = T_{BC}$$

$$T_{BA} \cdot 0,87 = T_{BC}$$

Projeções em y :

$$T_{BA} \cdot \sin 30^\circ = P$$

$$T_{BA} \cdot 0,50 = 20$$

$$T_{BA} = 40 \text{ N}$$

$$T_{BA} \cdot 0,87 = T_{BC}$$

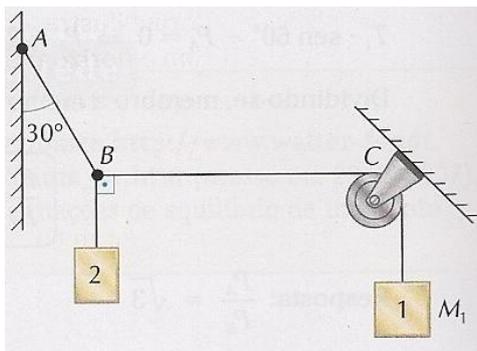
$$40 \cdot 0,87 = T_{BC}$$

$$T_{BC} = 34,8 \text{ N}$$

2. No sistema em equilíbrio esquematizado, o fio BC deve permanecer horizontal. Os fios e a polia são ideais. Sendo $M_1 = 3\text{kg}$ e $g = 10\text{m/s}^2$.

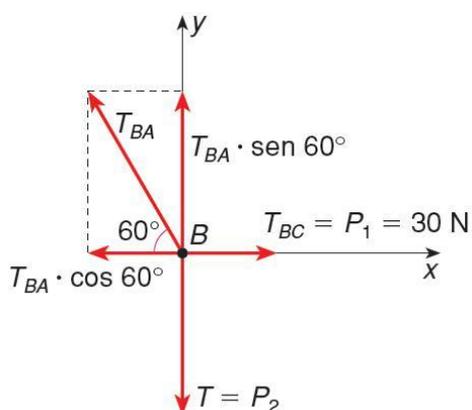
Determine:

- a tração no fio AB;
- o peso do bloco 2.



Resolução:

Isolemos o ponto B , onde concorrem os três fios, sendo que a tração no fio BC tem módulo igual ao peso do bloco 1. Utilizando o método das projeções, temos:



a) Projeções em x :

$$T_{BC} = T_{BA} \cdot \cos 60^\circ$$

$$30 = T_{BA} \cdot 0,50$$

$$T_{BA} = 60 \text{ N}$$

b) Projeções em y :

$$T_{BA} \cdot \sin 60^\circ = P_2$$

$$P_2 = 60 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

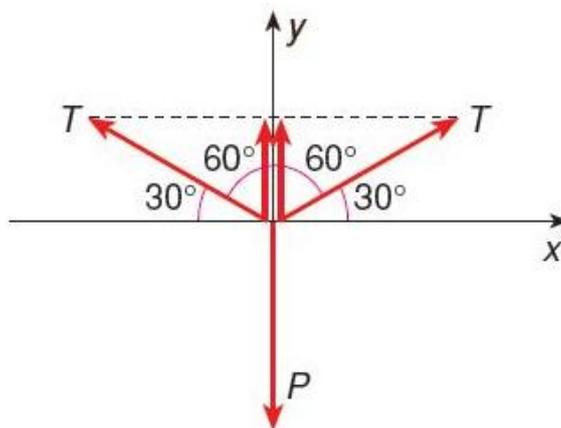
$$P_2 = 30 \cdot \sqrt{3} \text{ N}$$

3. Uma equilibrista de massa $m = 70 \text{ kg}$ encontra-se na metade da extensão de uma corda, presa na mesma altura de duas paredes A e B, (imagine a figura). A corda faz um ângulo de 30° com a horizontal. A massa da corda é muito pequena comparada com a massa da equilibrista, por isso pode ser desprezada.

Calcule o módulo (intensidade) da força T , exercida pela corda na parede B.

Dados: $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $\sin 30^\circ = 0,5$

Resolução:



Projeções em y :

$$T \cdot \cos 60^\circ + T \cdot \cos 60^\circ = P$$

$$2T \cdot \cos 60^\circ = P$$

$$2T \cdot 0,5 = P$$

$$T = P$$

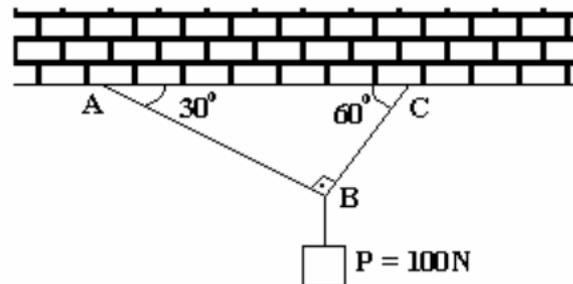
Como $m = 70 \text{ kg}$, temos: $P = mg$

$$P = 700 \text{ N}$$

Daí, vem: $T = 700 \text{ N}$

4. Na figura abaixo, o corpo suspenso tem peso 100N. Os fios são ideais e tem pesos desprezíveis, e o sistema está em equilíbrio estático (repouso). A tração na corda AB, em Newtons, é:

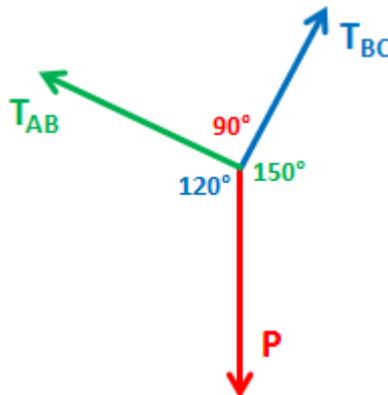
Dados: $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $\sin 30^\circ = \sin 150^\circ = 0,5$



- a)20 b)40 c)50 d)80 e) 100

Resolução:

Para a resolução dessa questão pode-se utilizar a lei dos senos.

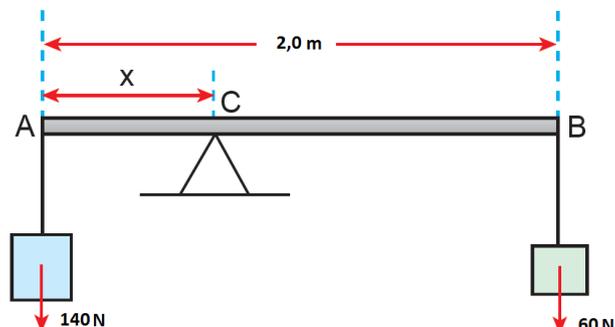


$$\frac{T_{AB}}{\sin 150^\circ} = \frac{P}{\sin 90^\circ}$$

$$\frac{T_{AB}}{0,5} = \frac{100}{1}$$

$$T_{AB} = 50N$$

5. Uma barra homogênea **AB**, de peso desprezível e comprimento igual a 2,0 m, é mantida na posição horizontal, sobre o apoio **C**, pelas caixas de pesos 140 N e 60 N, conforme a figura a seguir.



Determine:

- a distância **x** entre a extremidade **A** e o apoio **C**;
- a intensidade da força que o apoio exerce na barra.

Resolução:

a) Adotando o ponto **C** como referência temos:

$$M_A = M_B$$

$$F_A \cdot d_A = F_B \cdot d_B$$

$$140 \cdot x = 60 \cdot (2 - x)$$

$$140x = 120 - 60x$$

$$200x = 120$$

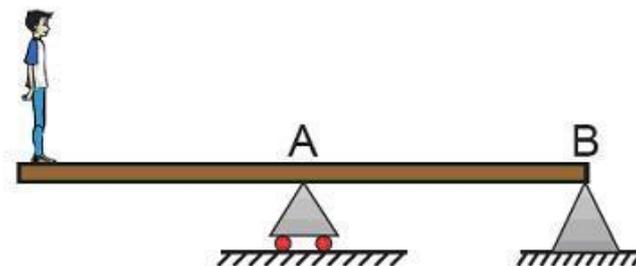
$$x = 0,6 \text{ m}$$

b)

$$F_N = 140 + 60$$

$$F_N = 200 \text{ N}$$

6. Em uma plataforma homogênea de 10 m de comprimento e 150 kg de massa, apoiada sobre dois suportes, um fixo (**B**) e outro móvel (**A**), encontra-se um garoto de 50 kg na sua ponta livre.



Qual deverá ser a distância mínima entre **A** e **B** para que a plataforma não vire?

Resolução:

É importante lembrarmos que o peso da barra está localizado no centro de massa da barra, que nesse caso coincide com o centro geométrico, 5m da extremidade.

Adotando como referência o ponto A temos:

$$Mg = Mp$$

$$500 \cdot x = 1500 \cdot (5 - x)$$

$$500x = 7500 - 1500x$$

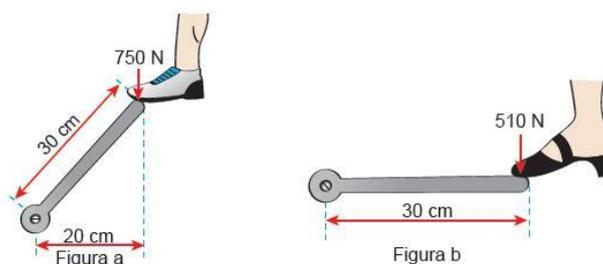
$$2000x = 7500$$

$$x = 3,75 \text{ m}$$

Logo, a distância mínima entre A e B será 6,25m

* **Atenção:** Note que no momento de equilíbrio da barra a força Normal no ponto de apoio B é nula.

7. Um jovem e sua namorada passeiam de carro por uma estrada e são surpreendidos por um furo num dos pneus. O jovem, que pesa 750 N, pisa a extremidade de uma chave de roda, inclinada em relação à horizontal, como mostra a figura a, mas só consegue soltar o parafuso quando exerce sobre a chave uma força igual a seu peso. A namorada do jovem, que pesa 510 N, encaixa a mesma chave, mas na horizontal, em outro parafuso, e pisa a extremidade da chave, exercendo sobre ela uma força igual a seu peso, como mostra a figura b. Supondo que este segundo parafuso esteja tão apertado quanto o primeiro, e levando em conta as distâncias indicadas nas figuras, verifique se a moça consegue soltar esse segundo parafuso. Justifique sua resposta.



Resolução:

Vamos calcular os momentos dos pesos em relação ao centro do parafuso.

• Jovem:

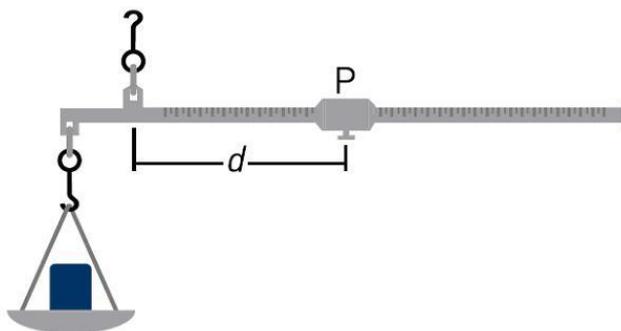
$$M_J = Fd \Rightarrow M_J = 750 \text{ N} \cdot 20 \text{ cm} \Rightarrow M_J = 15.000 \text{ N.cm}$$

• Namorada:

$$M_N = Fd \Rightarrow M_N = 510 \text{ N} \cdot 30 \text{ cm} \Rightarrow M_N = 15.300 \text{ N.cm}$$

Sendo M_N maior que M_J , concluímos que a moça consegue soltar o segundo parafuso.

8. Uma balança romana consiste em uma haste horizontal sustentada por um gancho em um ponto de articulação fixo. A partir desse ponto, um pequeno corpo P pode ser deslocado na direção de uma das extremidades, a fim de equilibrar um corpo colocado em um prato pendurado na extremidade oposta. Observe a ilustração:



Quando P equilibra um corpo de massa igual a 5 kg, a distância d de P até o ponto de articulação é igual a 15 cm. Para equilibrar um outro corpo de massa igual a 8 kg, a distância, em centímetros, de P até o ponto de articulação deve ser igual a:

a) 28 b) 25 c) 24 d) 20

Resolução:

O equilíbrio de rotação da balança é resultante da ação do momento de duas forças.

Logo, para equilibrar o corpo de massa 5 kg temos:

$$M_P \cdot d = m \cdot L$$

$$15 \cdot M_P = 5 \cdot L$$

$$L = 3 \cdot M_P$$

Para equilibrar outro corpo de massa $M = 8 \text{ kg}$ temos:

$$M_p \cdot D = M \cdot L$$

$$D \cdot M_p = 8 L$$

sendo D a nova distância entre P e o ponto de articulação (polo).

Portanto:

$$D \cdot M_p = 8 \cdot 3 M_p$$

$$D = 24 \text{ cm}$$



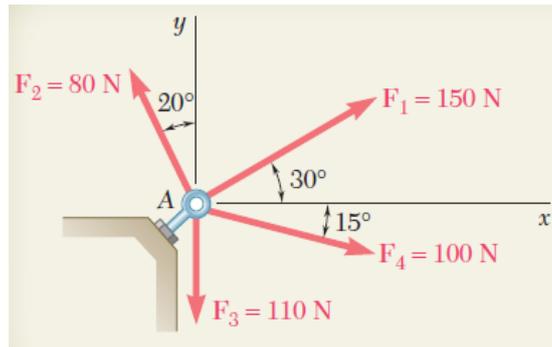
MATERIAL DE APOIO 2

Determinação da Força Resultante

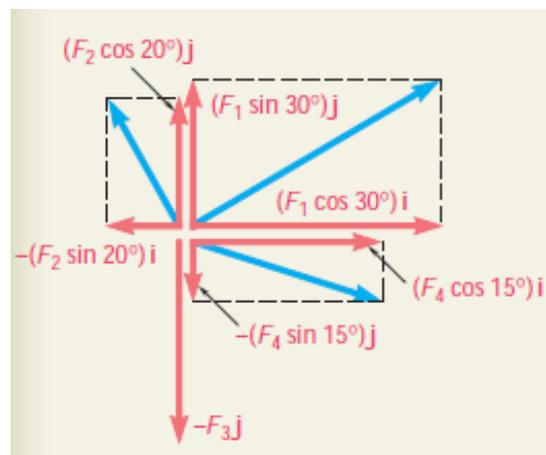
Exercício Resolvido

01) Quatro forças atuam no parafuso A, como mostrado na figura. Determine a resultante das forças no parafuso.

02)



RESOLUÇÃO: Primeiramente decompos os vetores, determinando as suas componentes na horizontal F_x e F_y , respectivamente.



Força	Magnitude N	Componente x, N	Componente y, N
F_1	150	129,9	+75,0
F_2	80	-27,4	+75,2
F_3	110	0	-110,0
F_4	100	+96,6	-25,9
		$R_x = +199,1$	$R_y = +143$

Escrito em termos de vetores unitários, temos:

$$R = R_x i + R_y j \Rightarrow R = (199,1N)i + (143N)j$$

Para determinar o valor da força resultante aplicamos o teorema de Pitágoras:

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

$$R = \sqrt{(199,1)^2 + (14,3)^2}$$

$$R = 199,6 \text{ N}$$

A direção é calculada através da expressão:

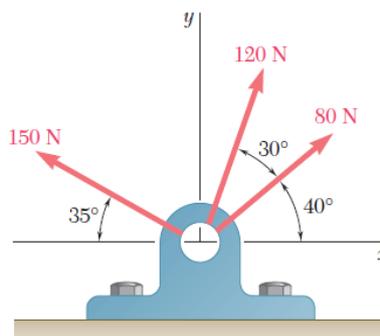
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_y}{R_x} = \frac{14,3 \text{ N}}{199,1 \text{ N}}$$

$$\alpha = 4,1^\circ$$

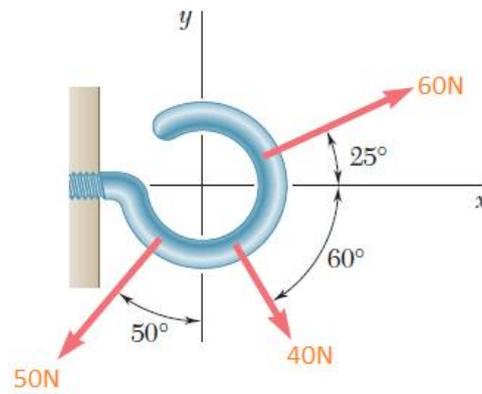
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Através dos componentes x e y de cada uma das forças indicadas, determine a resultante das forças.

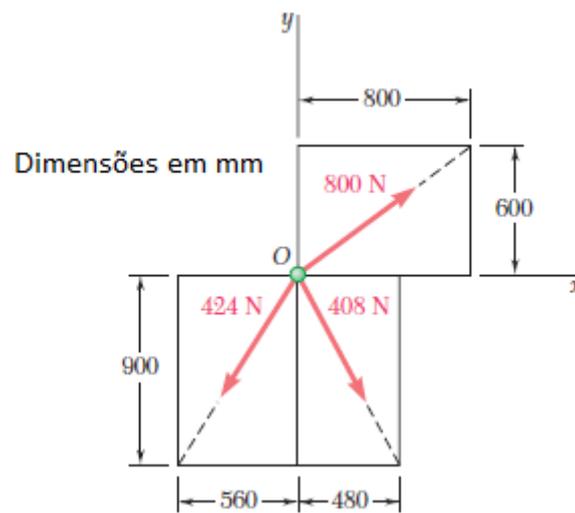
A)



B)



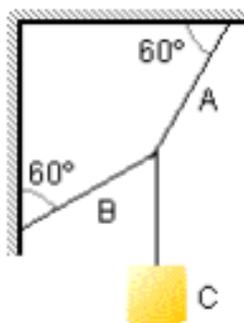
C)



Equilíbrio de Corpos

Exercício Resolvido

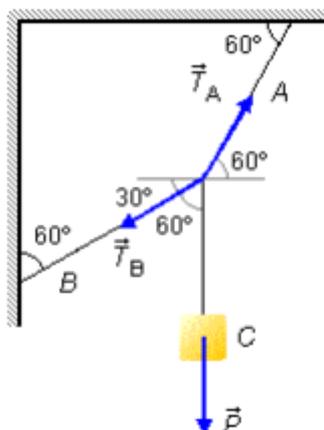
02. Para o sistema em equilíbrio abaixo, determine as trações nas cordas A e B sabendo que o corpo C tem 100N.



Esquema do problema

As forças que agem no sistema são:

- força peso no bloco C que aponta para baixo;
- a força de tração na corda A que faz um ângulo de 60° com o teto, traçando uma linha horizontal que passa pelo ponto onde está preso o corpo C, que chamamos de $\underline{T_A}$ e que também forma um ângulo de 60° com a horizontal, pois são ângulos alternos internos.
- A força de tração na corda B que faz um ângulo de 60° com a parede vertical, denominada de $\underline{T_B}$ e a corda que prende o bloco C. O ângulo entre a linha horizontal onde está o preso o corpo C e a tração $\underline{T_B}$ é de 30° com a horizontal, pois este ângulos são complementares, e devem somar 90° .



Resolução:

Em primeiro lugar vamos decompor as forças que agem no sistema em suas componentes num sistema de eixos coordenados como mostrado na figura. A força \vec{P}_y ao longo do eixo y na direção negativa; a tração \vec{T}_A possui as componentes \vec{T}_{Ax} e \vec{T}_{Ay} nas direções de x positivo e de y positivo, respectivamente, e a tração \vec{T}_B na direção de x negativo e a componente \vec{T}_{By} na direção de y negativo.

Como o sistema está em equilíbrio a resultante das forças que agem sobre ele deve ser igual a zero, para isso devemos ter:

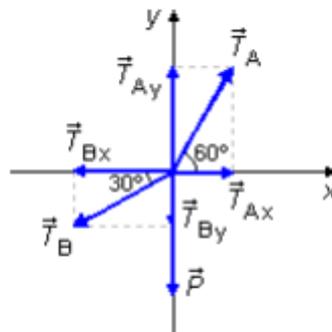


figura 2

$$\sum \vec{F} = 0$$

direção x: $-\vec{T}_B x + \vec{T}_A x = 0$

direção y: $-\vec{P}_y - \vec{T}_B y + \vec{T}_A y = 0$

em módulo teremos:

$$-T_B \cdot \cos 30^\circ + T_A \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$-P - T_B \cdot \sin 30^\circ + T_A \cdot \sin 60^\circ = 0$$

com estas expressões podemos montar um sistema de duas equações a duas incógnitas (T_A e T_B)

$$\begin{cases} -\frac{\sqrt{3}}{2}T_B + \frac{1}{2}T_A = 0 & (I) \\ -100 - \frac{1}{2}T_B + \frac{\sqrt{3}}{2}T_A = 0 & (II) \end{cases}$$

Da equação (I) tiramos o valor de T_A

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}T_A &= \frac{\sqrt{3}}{2}T_B \\ T_A &= \sqrt{3}T_B & (III) \end{aligned}$$

Substituindo (III) em (II) temos valor de T_B

$$\begin{aligned} -100 - \frac{1}{2}T_B + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{3}T_B &= 0 \\ -\frac{1}{2}T_B + \frac{3}{2}T_B &= 100 \end{aligned}$$

$$T_B = 100N$$

Substituindo o valor encontrado acima em (III) obtemos o valor de T_A

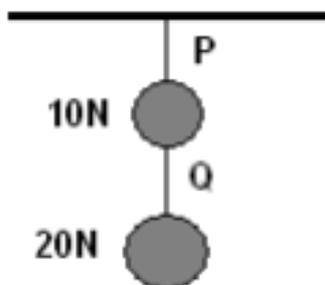
$$\begin{aligned} T_A &= \sqrt{3} \cdot 100 \\ T_A &\cong 173N \end{aligned}$$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

02) Quando a resultante de um sistema de forças aplicadas num corpo é nula, é porque o corpo:

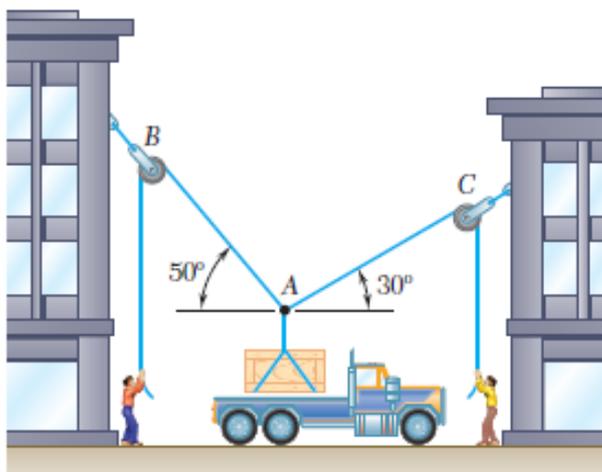
- somente se movimenta com velocidade constante.
- muda de direção de deslocamento.
- está em equilíbrio.
- somente está parado.

03) Dois corpos, de pesos 10N e 20, estão suspensos por dois fios, P e Q de massas desprezíveis, da maneira mostrada na figura. As intensidades (módulos) das forças que tencionam os fios P e Q são de:



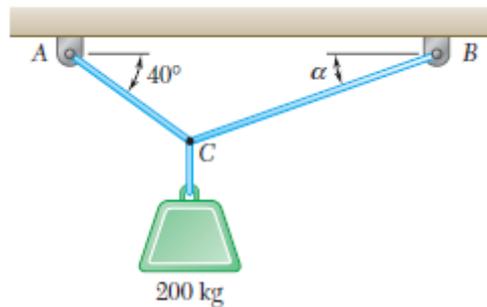
04) Considere o caixote de 75Kg mostrado no diagrama espacial da figura abaixo. Esse caixote se encontrava entre dois edifícios, e agora está sendo carregado em um caminhão, que irá removê-lo. O caixote é sustentado por um cabo vertical, que está fixado em A às duas cordas que passam por roldanas presas aos edifícios em B e C. Determinar a força de tração em cada uma das cordas AB e AC.

(Dados: $\sin 50^\circ = 0,766$; $\cos 50^\circ = 0,643$; $\sin 30^\circ = 0,500$, $\cos 30^\circ = 0,866$ e $g = 10\text{m/s}^2$)

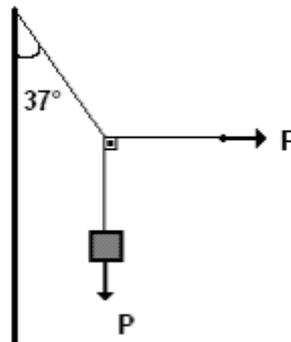


05) Dois cabos estão ligados em C e são carregados tal como mostra a figura. Sabendo que $\alpha = 30^\circ$, determine a tração (a) no cabo AC e (b) no cabo BC.

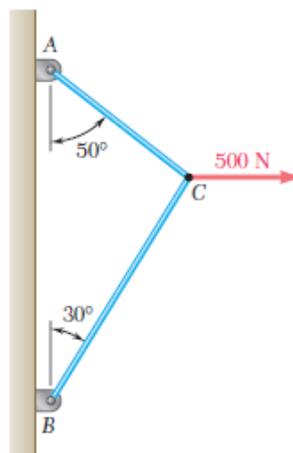
(Dados: $\sin 40^\circ = 0,643$; $\cos 40^\circ = 0,766$; $\sin 30^\circ = 0,500$ e $\cos 30^\circ = 0,866$)



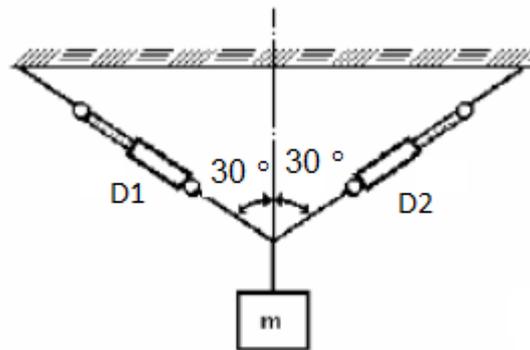
06). Um bloco, de peso igual a 30N, está em equilíbrio, suspenso por fio, conforme a figura. Sendo adotados $\sin 37^\circ = 0,6$ e $\cos 37^\circ = 0,8$, podemos afirmar que o módulo da força F é:



07) Dois cabos estão unidos em C e são carregados como mostrado. Determine a tensão (a) no cabo AC, (b) no cabo BC.

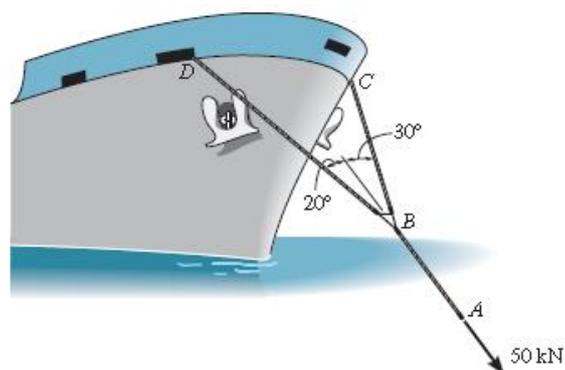


08) Sabendo-se que o sistema a seguir esta em equilíbrio, qual é o valor da massa M quando os dinamômetros indicam 100N cada um?

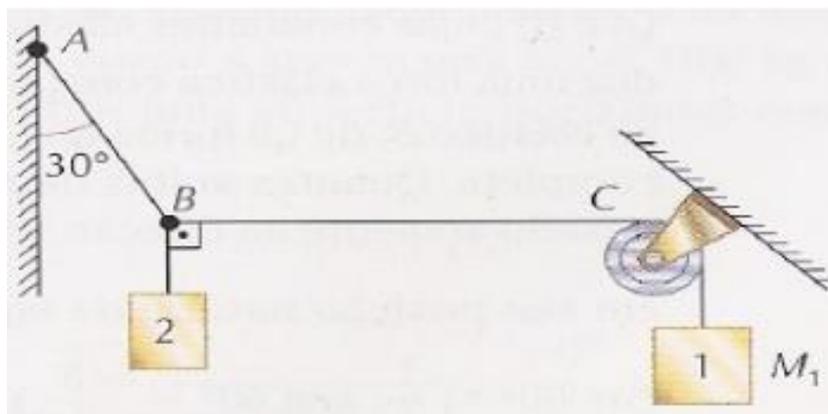


- a) 17,32 kg
- b) 20 kg
- c) 10 kg
- d) 100 N
- e) 200 N

09) O pendente de reboque AB está submetido à força de 50kN exercida por um rebocador. Determine a força em cada um dos cabos de amarração, BC e BD, se o navio está se movendo para a frente em velocidade constante.



10) No sistema em equilíbrio esquematizado, o fio BC deve permanecer horizontal. Os fios e a polia são ideais. Sendo $M_1 = 3\text{kg}$ e $g = 10\text{m/s}^2$,



Determine:

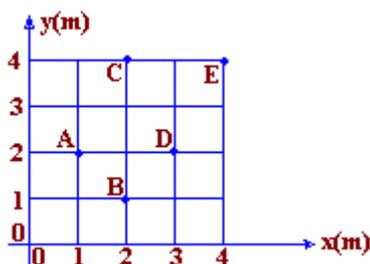
- o peso do bloco 2;
- a tração no fio AB.

Centro de Gravidade

Exercícios Resolvidos

3) Considere um conjunto de três pontos materiais definidos por $m(x, y)$, onde m representa a massa em **kg** e x e y as **coordenadas cartesianas**, em metros. $P_1 = 2(0, -1)$; $P_2 = 1(1, 0)$; $P_3 = 2(2, 6)$.

O centro de massa do sistema dado, no gráfico, pelo ponto:



Resolução: Para determinar o as coordenadas $\overline{x_{CM}}$ e $\overline{y_{CM}}$, basta utilizar a expressões obtidas através das médias ponderadas:

$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_n x_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

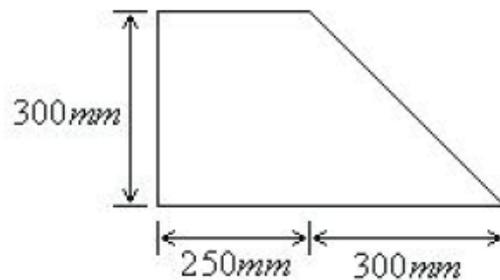
$$x_{CM} = \frac{2.0 + 1.1 + 2.2}{2 + 1 + 2} = 1m$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + \dots + m_n y_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

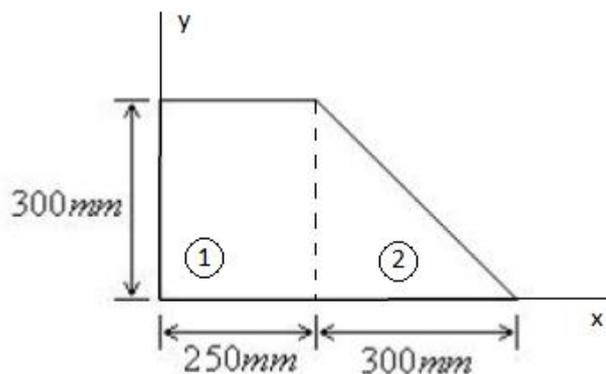
$$y_{CM} = \frac{2.(-1) + 1.0 + 2.6}{2 + 1 + 2} = 2m$$

De acordo com o gráfico, podemos perceber que o par ordenado corresponde ao ponto A (1,2)m.

4) Determine o centro de gravidade da área plana abaixo:



utilizando a tabela para centros de gravidade, podemos determinar facilmente o centro de gravidade do conjunto, construindo um plano cartesiano e dividindo a figura em áreas conhecidas, que pode ser o triângulo e o retângulo.



para uma melhor organização dos dados, sugere-se colocar os dados em uma tabela:

Componente	Área (mm ²)	\bar{x} (mm)	\bar{y} (mm)	$\bar{x}.A$ (mm ³)	$\bar{y}.A$ (mm ³)
Retângulo	75000	125	150	9375000	11250000
Triângulo	45000	350	100	15750000	4500000
$\sum A = 120.000$				$\sum \bar{x}.A = 25.125.000$	$\sum \bar{y}.A = 15.750.000$

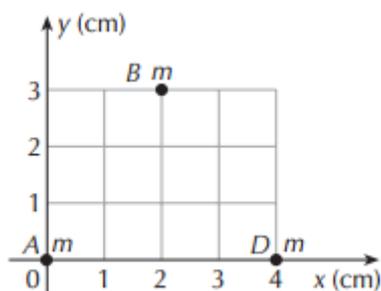
Aplicando as equações para as coordenadas do centro de massa, temos:

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}.A}{\sum A} = \frac{25125000}{120000} = 209,38m$$

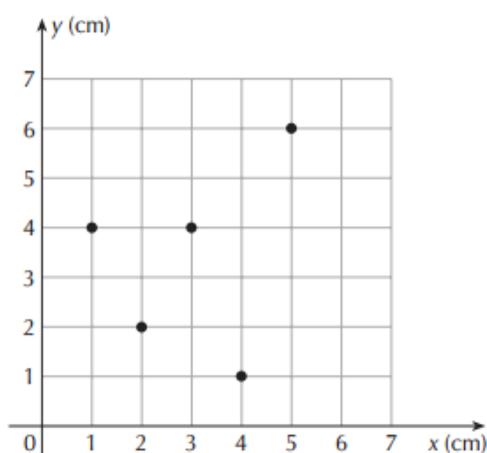
$$\bar{y} = \frac{\sum \bar{y}.A}{\sum A} = \frac{15750000}{120000} = 131,25m$$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

11) Três pontos materiais, A, B e D, de massas iguais a m estão situados nas posições indicadas na figura ao lado. Determine as coordenadas do centro de massa do sistema de pontos materiais.

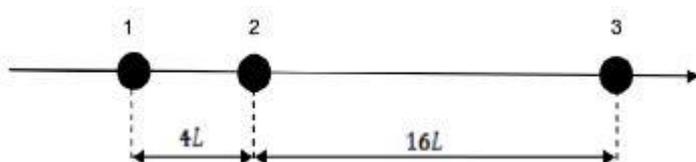


12) Cinco pontos materiais de massas iguais a m estão situados nas posições indicadas na figura. Determine as coordenadas do centro de massa do sistema constituído pelos cinco pontos materiais.

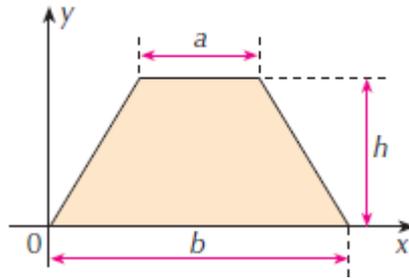


Resposta (3;3,4)cm

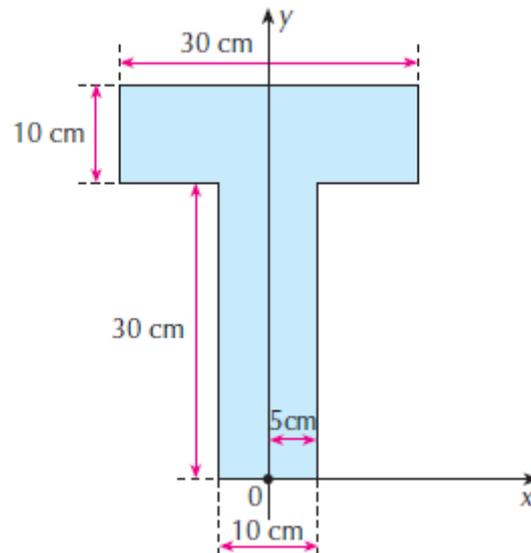
13) A figura a seguir mostra um conjunto de objetos pontuais com massas iguais, dispostos ao longo de uma reta. A distância entre os objetos 1 e 2 é $4L$, enquanto que a distância entre os objetos 2 e 3 é igual a $16L$. Calcule a posição do centro de massa do conjunto, medida a partir do objeto 2, em unidades de L .



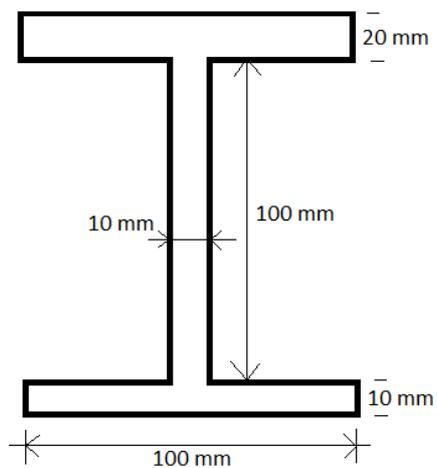
14) Calcular o centro de gravidade da superfície abaixo que possui $b = 30$ cm de base inferior e $a = 20$ cm de base superior de altura $h = 12$ cm.



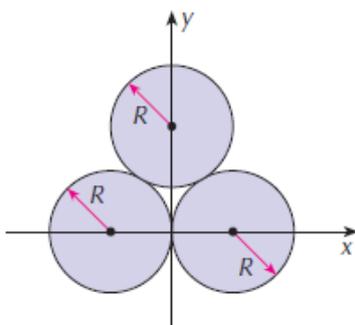
15) Determine as coordenadas do centro de massa da placa homogênea e de espessura constante, cujas dimensões estão indicadas na figura.



16) Determine o centro de massa do perfil estrutural na forma de I, utilizado na construção civil.



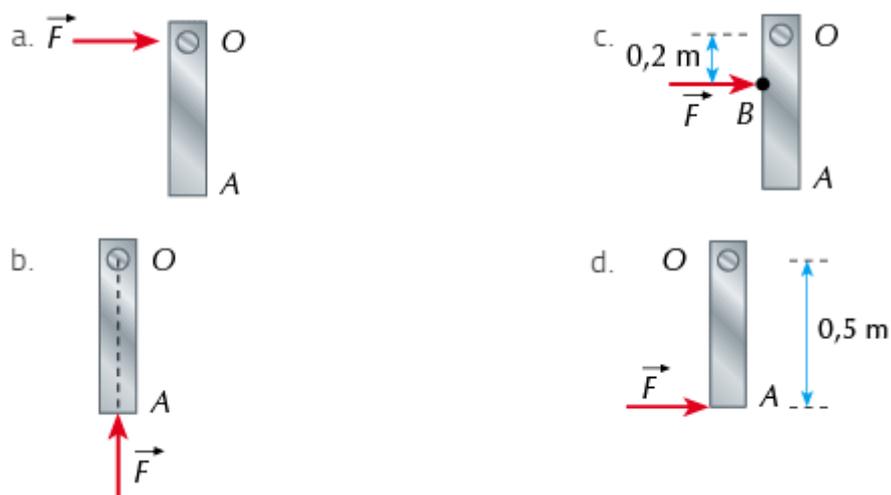
17) Três placas circulares idênticas, homogêneas, de espessura uniforme e de raio R estão dispostas conforme a figura. Determine as coordenadas do centro de massa do sistema constituído pelas três placas.



Momento de uma Força

Exercícios Resolvidos

05) Uma barra AO situada num plano vertical pode girar em torno do ponto de suspensão O . Determine o momento da força \vec{F} de intensidade 10 N em relação ao ponto O nos casos indicados abaixo.



a) Nessa situação o momento é nulo, pois é nula a distância de O à linha de ação da força. Observe que, nesse caso, a força \vec{F} não tende a produzir rotação da barra AO em torno de O .

b) Assim como no item **a**, nessa situação o momento é nulo, pois a distância de O à linha de ação da força é nula. Note que a força \vec{F} também neste caso, não tende a produzir rotação da barra AO em torno de O .

c) Da definição de momento, e observando que \vec{F} tende a produzir rotação de AO em torno de O no sentido anti-horário, temos $M_o = +F.d$. Sendo $F = 10\text{ N}$ e $d = 0,2\text{ m}$ temos:

$$M_o = 10 \cdot 0,2 \therefore \boxed{M_o = 2\text{ N.m}}$$

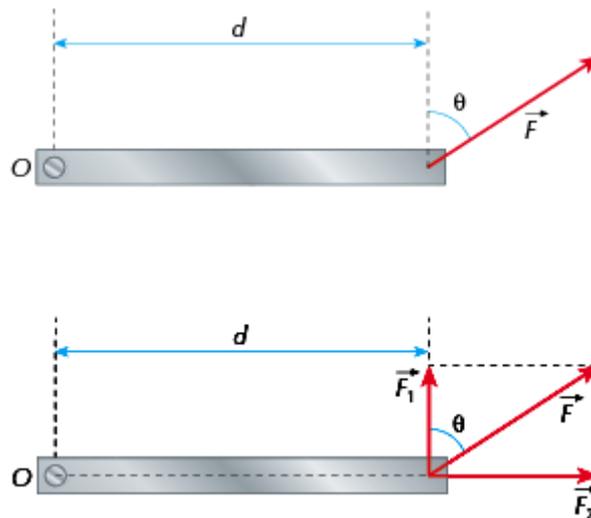
d) Nesse caso, $d=0,5$ m. Assim:

$$M_0 = +F.d$$

$$M_0 = 10 \cdot 0,5 \therefore \boxed{M_0 = 5 \text{ N.m}}$$

06) Determine o momento da força \vec{F} indicada na figura abaixo, em relação ao ponto O.

Dados: $F = 10\text{N}$; $d = 1\text{m}$; $\theta = 60^\circ$



Inicialmente, vamos decompor a força \vec{F} na direção da barra \vec{F}_2 e na direção perpendicular à barra \vec{F}_1 . O momento de \vec{F} em relação a O é igual ao momento de \vec{F}_1 em relação a O, pois o momento de \vec{F}_2 é nulo.

Assim. $M_0 = M_{F_1} = +F_1.d$ (sentido anti-horário)

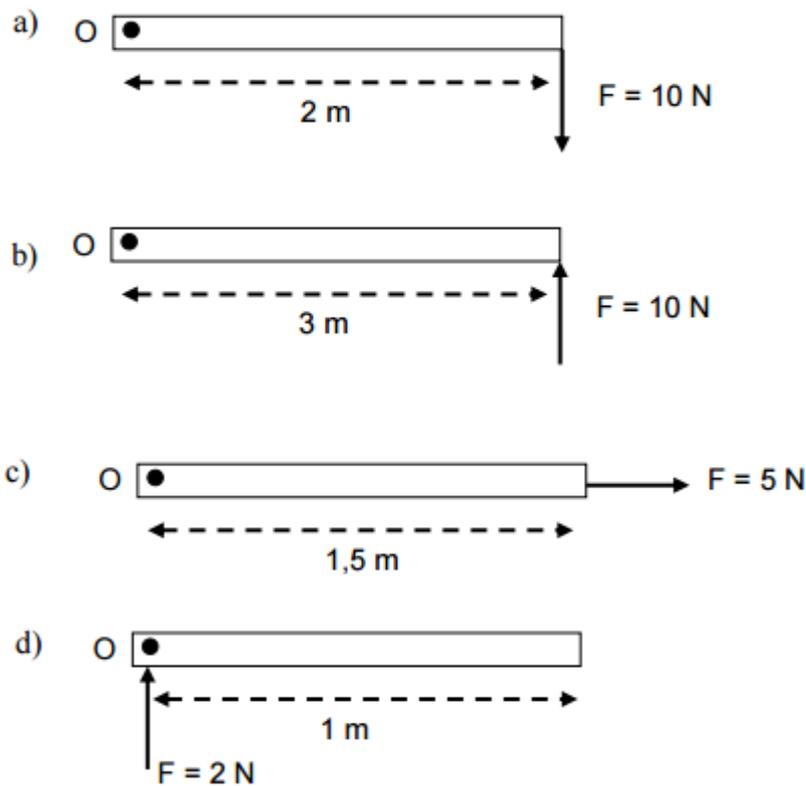
Sendo $F_1 = F \cdot \cos \theta$, temos:

$$M_0 = F \cdot \cos \theta \cdot d \Rightarrow M_0 = 10 \cdot \cos 60^\circ \cdot 1 \Rightarrow$$

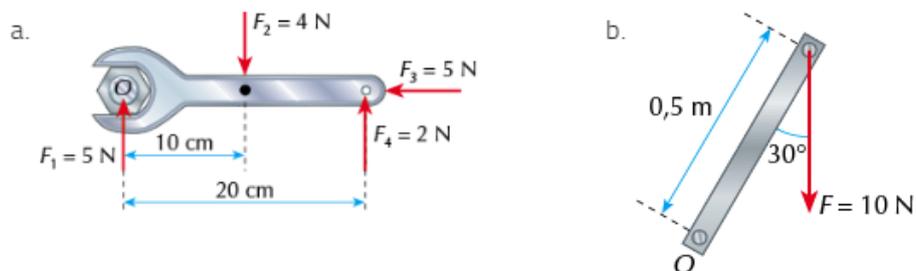
$$M_0 = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \therefore \boxed{M_0 = 5 \text{ N.m}}$$

Exercícios Propostos

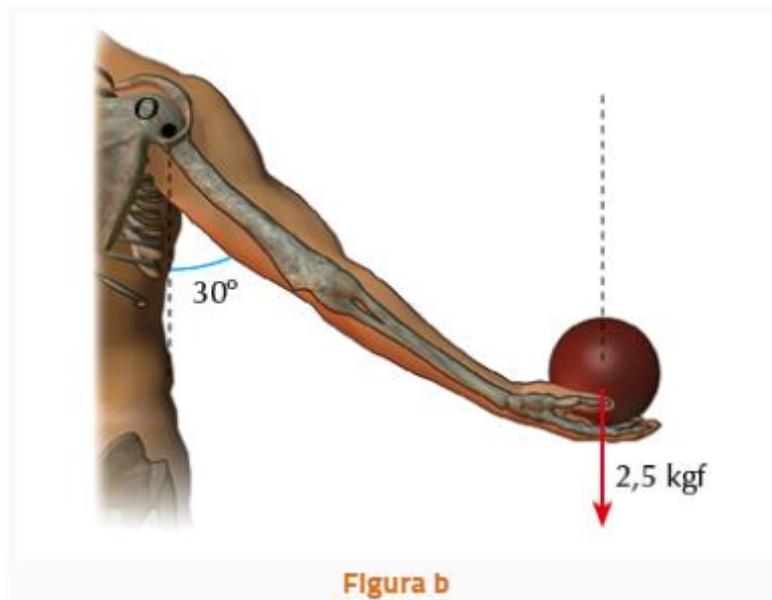
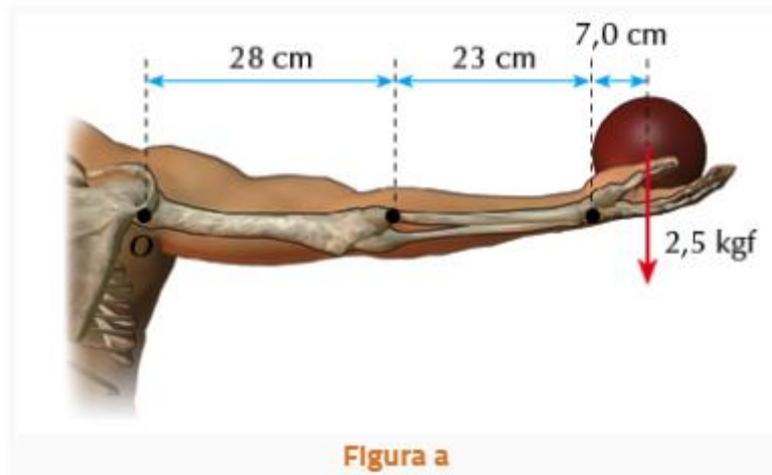
18) Para cada um dos casos abaixo, calcule o momento da força F em relação ao polo O .



19) Nas figuras abaixo, determine os momentos das forças dadas em relação ao ponto O .



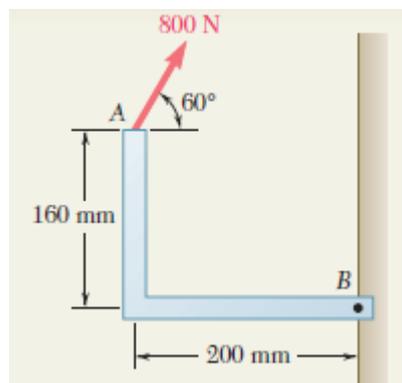
20) As **figuras a** e **b** indicam duas posições de um braço humano que tem na palma da mão uma esfera de 2,5 kgf. As distâncias entre as articulações estão indicadas na **figura a**.



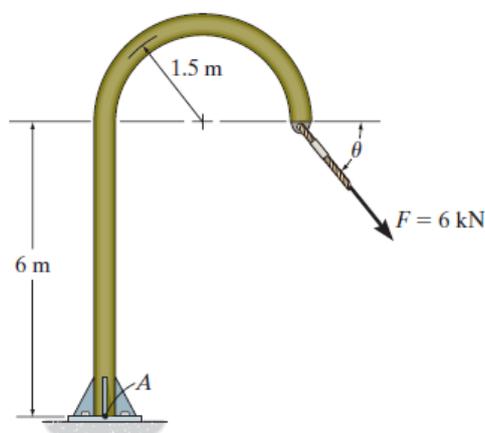
Nas condições das **figuras a** e **b**, é possível afirmar que os torques (ou momentos das forças) em relação ao ponto O são respectivamente:

- | Figura a | Figura b |
|---|--|
| a. $1,5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ | $7,3 \cdot 10^{-1} \text{ kgf} \cdot \text{m}$ |
| b. $1,5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ | $3,7 \cdot 10^{-1} \text{ kgf} \cdot \text{m}$ |
| c. $5,1 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ | $3,7 \cdot 10^{-1} \text{ kgf} \cdot \text{m}$ |
| d. $5,1 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ | $7,3 \cdot 10^{-1} \text{ kgf} \cdot \text{m}$ |
| e. $7,3 \cdot 10^{-1} \text{ kgf} \cdot \text{m}$ | $5,1 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ |

21) Calcule o momento no ponto B pela força aplicada no ponto A na estrutura ilustrada na figura.



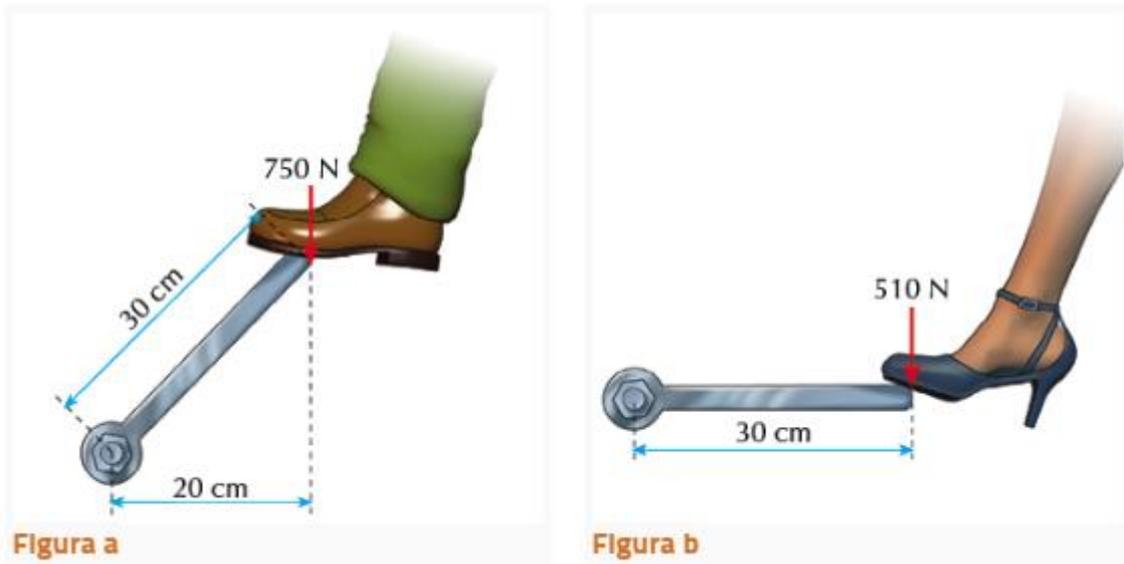
22) O membro está sujeito a uma força $F = 6 \text{ kN}$. Se $\theta = 45^\circ$, determine o momento produzido por F em relação ao ponto A.



23) Um jovem e sua namorada passeiam de carro por uma estrada e são surpreendidos por um furo num dos pneus. O jovem, que pesa 750 N, pisa a extremidade de uma chave de roda, inclinada em relação à horizontal, como mostra a **figura a**, mas só consegue soltar o parafuso quando exerce sobre a chave uma força igual a seu peso.

A namorada do jovem, que pesa 510 N, encaixa a mesma chave, mas na horizontal, em outro parafuso, e pisa a extremidade da chave, exercendo sobre ela uma força igual a seu peso, como mostra a **figura b**.

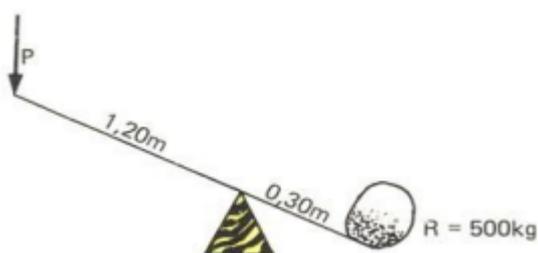
Supondo que este segundo parafuso esteja tão apertado quanto o primeiro, e levando em conta as distâncias indicadas nas figuras, verifique se a moça consegue soltar esse segundo parafuso. Justifique sua resposta.



Alavancas e Roldanas

Exercícios Resolvidos

07) Para levantar 500Kg, emprega-se uma alavanca de 1,50m. O ponto de aplicação e o ponto de apoio distante 0,30m. Qual a força que se deve aplicar na extremidade da alavanca para erguer a pedra?



Solução:

$$\sum M_o = 0$$

$$F_P \cdot d_P - F_R \cdot d_R = 0$$

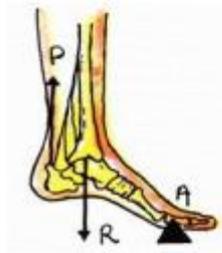
$$P \cdot 1,20 = (500 \cdot 10) \cdot 0,30$$

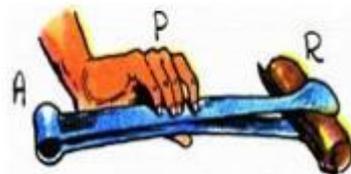
$$P = 1250N$$

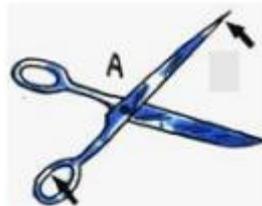
Exercícios Propostos

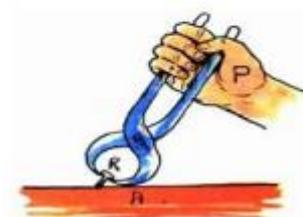
24) Identifique os tipos de alavanca (interfixa, interpotente ou inter-resistente) nas situações abaixo:











08. A
09. $F_{BD} = 32,6 \text{ KN}$ $F_{BC} = 22,3 \text{ KN}$
10. $F_{AB} = 60 \text{ N}$ $P = 52 \text{ N}$
11. (2cm, 1cm)
12. (3cm; 3,4cm)
13. 4L
14. (15cm; 5,6cm)
15. (0; 25cm)
16. (0; 76,25mm)
17. C $\left(0; \frac{R\sqrt{3}}{3} \right)$
18. A) -20N.m B) 30N.m C) 0 D) 0
19. A) $M_{F1} = 0$ $M_{F2} = 0,4 \text{ N.m}$ $M_{F3} = 0$ $M_{F4} = 0,4 \text{ N.m}$
- B) $M = -2,5 \text{ N.m}$
20. A
21. 202,6 N.m
22. 31,82KN.m
23. Vai conseguir, porque o momento gerado pela namorada é maior.
24. Interfixa, Inter-resistente, Interpotente, Interfixa, Interfixa.
25. 10 N
26. 20000 N

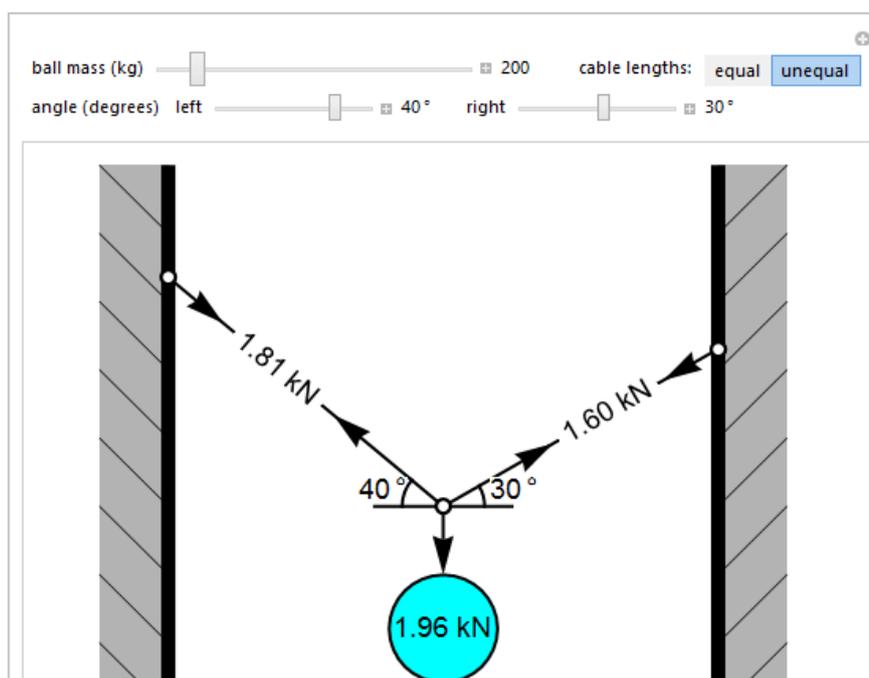
Votamos ao menu recursos didáticos, o último recurso é o simulador, que permite ao professor e ao aluno simular situações reais de equilíbrio.



Quando clicamos sobre o ícone uma nova janela se abre com o simulador. A seguir a tela inicial do simulador e seu endereço eletrônico para ser acessado de qualquer lugar.



Weight Suspended by Two Cables

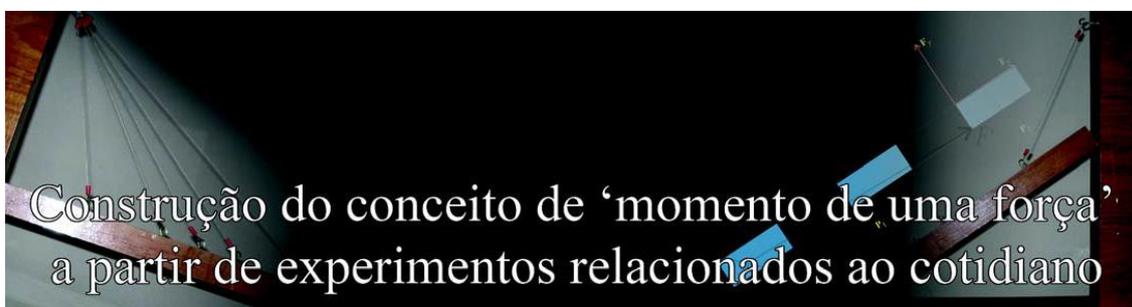


Fonte: <http://demonstrations.wolfram.com>

Visto todas as possibilidades de recursos didáticos, voltamos ao menu inicial, neste encontramos o último ícone, leitura complementar.



Ao clicar neste ícone abrir-se-á um artigo da revista física na escola, sobre a temática deste trabalho. O artigo pode colaborar com o professor no ato da preparação da aula. Ele apresenta algumas possibilidades diferentes para o ensino de estática. A seguir os dados de referência do artigo.



Raphael de Carvalho Ferreira

E-mail: fisica2004@terra.com.br

Wilma Machado Soares Santos

E-mail: wilma@if.ufrj.br

Penha Maria Cardoso Dias

E-mail: penha@if.ufrj.br

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ,
Brasil

Física na Escola, v. 9, n.1, 2008

Link

<http://www1.fisica.org.br/fne/index.php/edicoes/category/15-volume-09-n-1-maio>

CONSIDERAÇÕES SOBRE MÍDIA DIGITAL PROPOSTA

O conteúdo de estática é pouco ou nunca visto em turmas de primeira série do ensino médio de escolas públicas de todo o país, isso se torna um problema para aqueles alunos que almejam um curso superior de engenharia, principalmente na área de engenharia civil.

Diante desse contexto, nosso objetivo foi produzir uma mídia digital sobre o conteúdo de estática. A mídia digital produzida se pautou em diferentes recursos de ensino, tais como, vídeos, simuladores, atividades práticas, exercícios resolvidos e texto complementar.

Após a produção da mídia digital, aplicamos a mesma em uma turma da primeira série do ensino médio de uma instituição pública da cidade de Paiçandu, Paraná, a fim de verificar o envolvimento da turma com as atividades propostas. Os resultados obtidos com a implementação da mídia foram surpreendentes, principalmente na parte que envolveu os simuladores pois, os alunos nunca tinham tido nenhuma experiência parecida.

Acreditamos que com os resultados satisfatórios encontrados com a implementação da mídia e com a pluralidade metodológica dessa proposta e, que outros professores possam utilizar-se de tal material, fazendo sempre que preciso as adequações necessárias na proposta original, respeitando sempre a diversidade cultural da região.

REFERÊNCIAS

BATISTA, Michel Corci. **Ensino de astronomia: uma proposta para a formação de professores de ciências dos anos iniciais**. Maringá: Massoni, 2016.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental**. – Brasília: MEC/SEF, 1998. 174 p.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino fundamental**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2000.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. (V2).

TIPLER, P. A. **Física: para cientistas e engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. (v.1).

ZABALA, A. **A Prática Educativa - como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

NA INTERNET

PEREIRA, R. F. Recursos de Física. Disponível em: <<http://www.recursosdefisica.com.br/>>. Acesso em: 12 fev. 2017.