



Sequência Didática com Projeto Integrador: desenvolvendo Competências e Habilidades no Ensino Técnico-Profissionalizante

ROSEVALDO CELESTINO BARROS

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

Orientador:

Professor Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues

Belém
Maio de 2020



ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.

ATA DA 49ª SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTITULADA “UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM PROJETO INTEGRADOR DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS E HABILIDADES PARA O ENSINO TÉCNICO-PROFISSIONALIZANTE” PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO FÍSICA, COMO DISPÕE O ARTIGO 33º DO REGIMENTO DO MNPEF, REALIZADA ÀS 09:00 HORAS DO DIA 29 DE MAIO DE 2020, VIRTUALMENTE, NA SALA DE REUNIÃO DO GOOGLE MEET, CUJO O LINK DE ACESSO FOI DISPONIBILIZADO A TODOS. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 40 MINUTOS PELO CANDIDATO **ROSEVALDO CELESTINO BARROS**, MATRÍCULA Nº **201868870015**, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: **PROF. DR. ALEXANDRE GUIMARÃES ROFRIGUES (ORIENTADOR)**, **PROFA. DRA. SIMONE DA GRAÇA DE CASTRO FRAIHA (MEMBRO INTERNO)**, **PROFA. DRA. SILVANA PEREZ (MEMBRO INTERNO)** E **PROF. DR. ALTEM NASCIMENTO PONTES (MEMBRO EXTERNO)**. EM SEGUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGÜIÇÃO, TENDO DEMONSTRADO PLENO CONHECIMENTO NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO À BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA **APROVAÇÃO** DA MESMA, E QUE SE PROCEDA NO PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS A VERSÃO FINAL COM AS RECOMENDAÇÕES SUGERIDAS. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

CANDIDATO:

Rosevaldo Celestino Barros

BANCA EXAMINADORA:

Alexandre Guimarães Rodrigues

Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues
(Orientador - MNPEF – UFPA)

Silvana Perez

Profa. Dra. Silvana Perez
(Membro Interno – UFPA)

Simone da Graça de Castro Fraiha

Profa. Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha
(Membro Interno - MNPEF – UFPA)

Altem Nascimento Pontes

Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes
(Membro Externo – UFPA)



PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.

TEMA: “UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM PROJETO INTEGRADOR DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS E HABILIDADES PARA O ENSINO TÉCNICO-PROFISSIONALIZANTE”.

A Banca Examinadora composta pelos Professores: **Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues** (Orientador), **Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha** (Membro Interno), **Dra. Silvana Perez** (membro Interno) e **Dr. Altem Nascimento Pontes** (Membro Externo), consideram o candidato **ROSEVALDO CELESTINO BARROS**.

APROVADO

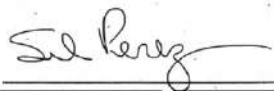
Secretaria do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Pará, em 29 de maio de 2020.



Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues
(Orientador - MNPEF – UFPA)



Profa. Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha
(Membro Interno - MNPEF – UFPA)



Profa. Dra. Silvana Perez
(Membro Interno – UFPA)



Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes
(Membro Externo – UFPA)

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM PROJETO INTEGRADOR DESENVOLVENDO
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES PARA O ENSINO TÉCNICO-PROFISSIONALIZANTE**

ROSEVALDO CELESTINO BARROS.

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

Aprovada por:

ORIENTADOR:



Prof. Dr. **ALEXANDRE GUIMARÃES RODRIGUES**
(MNPEF – UFPA)

MEMBRO INTERNO



Profa. Dra. **SIMONE DA GRAÇA DE CASTRO FRAIHA**
(MNPEF - UFPA)

MEMBRO INTERNO



Profa. Dra. **SILVANA PEREZ**
(MNPEF - UFPA)

MEMBRO EXTERNO



Prof. Dr. **ALTEM NASCIMENTO PONTES**
(UEPA)

Belém - PA
Maio - 2020

FICHA CATALOGRÁFICA-BC/UFGA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

B277s Barros, Rosevaldo Celestino
 Uma Sequência Didática com Projeto Integrador
 desenvolvendo Competências e Habilidades no IFPA –
 Campus Bragança / Rosevaldo Celestino Barros. — 2020.
 234 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues
 Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
 Física, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade
 Federal do Pará, Belém, 2020.

 1. Ensino de Física. 2. Leis de Newton e Estática. 3.
 Aprendizagem Baseada em Competências e
 Habilidades. 4. Modelagem Bifocal. 5. Ensino Médio
 Técnico Integrado. I. Título.

CDD 370

Dedicatória

À minha amada esposa, Edna;
Aos meus dedicados pais, Benedito e Josefa.

Agradecimentos

A Deus, que, como criador e mantenedor da vida, diariamente renova minhas forças e me concede a luz da sabedoria para enfrentar os desafios, bem como desfrutar da felicidade de superá-los;

Ao professor doutor Alexandre Guimarães Rodrigues, meu orientador, mentor e amigo, pelos diversos momentos vividos em um ano e meio, nos quais orientações e mais orientações me auxiliaram pessoal e profissionalmente;

Aos meus pais, Benedito e Josefa, por todo o amor, dedicação, esforço e sacrifício dedicados a mim e à minha formação e por, dessa forma, me ensinarem na prática o verdadeiro valor da educação;

À minha família; à minha querida esposa, Edna, pela paciência e pelos conselhos dados, aos meus filhos, Maria Eduarda, Arthur, Eduardo e Sophia, pelo apoio, incentivo e pela compreensão nos momentos de ausência;

Aos meus amigos e colegas do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis desta caminhada, que contribuíram bastante durante as discussões nas disciplinas do curso; em especial a José Benício da Cruz Costa, por ter contribuído com informações enriquecedoras para a construção deste trabalho;

Aos professores do curso, que colaboraram muito em minha formação, tanto no âmbito pessoal quanto como pesquisador em ensino de Física: doutor Eliney Pinto dos Santos, doutor João Felipe de Medeiros Neto, doutor Rúbens Silva e doutora Simone da Graça de Castro Fraiha;

Aos professores participantes da pesquisa, por dedicarem seu tempo e esforços em prol deste trabalho;

Aos alunos que voluntariamente atuaram como sujeitos desta pesquisa e renovaram em mim o orgulho pela profissão que escolhi;

Por fim, agradecer à CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida e pelo apoio e parceria dos professores do IFPA – Câmpus Bragança, que em muitos momentos se dedicaram a me ajudar no meu aperfeiçoamento profissional.

SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CD	Ciclos Didáticos
CDDCH	Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades
CEFETs	Centros Federais de Educação Tecnológica
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
EBTT	Educação Básica, Técnica e Tecnológica
EMI	Ensino Médio Integrado
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPT	Educação Profissional e Tecnológica
ETFs	Escolas Técnicas Federais
IFPA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
IFs	Institutos Federais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MB	Modelagem Bifocal
MM	Atividade Mão na Massa
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais Estendidos
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PI	Projeto Integrador
PPC	Projeto Político-Pedagógico do Curso
SC	Simulação Computacional
SD	Sequência Didática
TL	Teste de Leitura

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física	22
Quadro 2.2: Principais metodologias a serem consideradas na elaboração de uma sequência didática com foco no desenvolvimento de competências e habilidades	25
Quadro 2.3: Características essenciais da ABP	28
Quadro 4.2: Níveis de indicadores observáveis da atuação do aluno	48
Quadro 4.4: Dimensionamento no tempo da aplicação	63
Quadro 4.6: Pesquisa sobre aprendizagem baseada em projetos	66
Quadro 4.7: Desenvolvimento do projeto técnico em edificações	67
Quadro 5.1 (1): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Leis de Newton (CDDCH 1).....	72
Quadro 5. 1 (2): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Equilíbrio de um ponto Material (CDDCH 2)	74
Quadro 5.1 (3): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Momento de uma força em relação a um ponto (CDDCH 3).....	76
Quadro 5.1 (4): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Máquinas Simples (CDDCH 4)	79
Quadro 5.5: Categorias de comportamento observado nos alunos nas atividades em grupo.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.2: Síntese do desempenho dos discentes de acordo com as rubricas de avaliação.....	82
Tabela 5.3: Ficha avaliativa da apresentação do projeto integrador (PI) no curso de Técnico em Edificações	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.4. Estrutura geral da modelagem bifocal	31
Figura 3.2. Modelo de diário de bordo utilizado pelos alunos	37
Figura 3.3. Ficha avaliativa da apresentação do PI	38
Figura 4.1. Esquema de atuação competente proposto por Zabala e Arnau (2010)	43
Figura 4.1.1. Representação dos ciclos didáticos de desenvolvimento de competências e habilidades – CDDCH	44
Figura 4.2.2 (1). Alavanca de Arquimedes	51
Figura 4.2.2 (2). Contração muscular	53
Figura 4.2.2 (3). Alavanca do antebraço	54
Figura 4.2.2 (4). Quebra-nozes	54
Figura 4.2.2 (5). Tesoura	54
Figura 4.2.2 (6). Braço com peso	55
Figura 4.2.2 (7). Alicates de unha	55
Figura 4.2.2 (8). Barra homogênea	55
Figura 4.2.2 (9). Mourão	56
Figura 4.2.2 (10). Martelo	57
Figura 4.2.2 (11) Pinça	57
Figura 4.2.2 (12) Roldanas	58
Figura 4.4. Representação do esquema de atuação do aluno no projeto integrador	60
Figura 4.5. Ilustração dos elementos norteadores do projeto integrador (PI)	62
Figura 4.8. Elementos da sequência didática e PI, correlacionados com os níveis cognitivos	70
Figura 6.1. Grua de torre	87
Figura 6.3. Tópicos da Física aplicados ao estudo de guias	92
Figura 6.3.1. Pêndulo	93
Figura 6.3.1.1 (1). Pêndulo simples	93
Figura 6.3.1.1 (2). Pêndulo simples em movimento	94
Figura 6.3.1.1 (3). Pêndulo simples em movimento com alturas distintas	94
Figura 6.3.2.1 (1). Momento aplicado perpendicularmente ao plano das cargas	95
Figura 6.3.2.1 (1). Momento fletor	96

Figura 6.3.2.1 (3). Momento fletor	96
Figura 6.3.3 (1). Grua de torre – forças aplicadas	96
Figura 6.3.3 (2). Cálculos de momentos no eixo da torre (B)	97
Figura 6.3.3 (3). Diagrama de cargas e alcances em uma grua de torre	98
Figura 6.3.3 (4). Diagrama de cargas e escopos de uma grua de torre	98
Figura 6.3.4. Grua simbólica	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1(1). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 1	73
Gráfico 5.1(2). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 2	75
Gráfico 5.1(3). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 3	78
Gráfico 5.1(4). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 4	80
Gráfico 5.2. Síntese do desempenho observado nos alunos nos CDDCHs	83
Gráfico 5.3. Grau de satisfação do PI pelos alunos.....	85

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1. Localização de Bragança	35

RESUMO

O enfrentamento dos problemas técnicos e científicos da nossa sociedade requer mobilização de diversos conhecimentos e, não raro, muito trabalho em equipe. Neste sentido e alinhado a esse intento formativo, esta dissertação tem por objetivo apresentar uma sequência didática com projeto integrador para o ensino de Física com foco no desenvolvimento de competências e habilidades para alunos do Curso Técnico em Edificações do Instituto Federal do Pará, Campus Bragança. Para tanto foram apresentadas as etapas de elaboração com a respectiva fundamentação teórica, aplicação e avaliação da mesma. Como produto educacional decorrente da pesquisa foi elaborado um guia de aplicação para o professor, no qual consta os pressupostos teóricos da proposta e as etapas que constituem a sequência didática. A pesquisa foi desenvolvida no primeiro semestre de 2019 em uma turma de 27 alunos. A sequência didática, em si, foi articulada e aplicada em atividades dispostas em quatro ciclos didáticos, os quais são compostos por aulas teóricas, testes de leitura, atividades mão na massa e *feedbacks* dialogados. Posteriormente, os discentes participaram do desenvolvimento do projeto integrador com o desafio de construir os modelos físico e matemático-computacional de uma grua treliçada com palitos de picolé envolvendo as disciplinas de Física, Matemática, Estabilidade das Construções e Tecnologia do Concreto e Argamassa. As avaliações do projeto integrador tiveram como alicerce a estrutura da aprendizagem baseada em projetos (ABP), que engloba formas de avaliação significativamente diferentes daquelas trabalhadas em paradigmas mais tradicionais da educação. A grande maioria dos alunos atingiu o mais alto grau na escala da rubrica de indicadores observáveis de atuação competente. Em relação à concepção do projeto em sua totalidade, foram identificados indícios de ganho significativo de aprendizagem que caracterizaram a potencialização do desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Leis de Newton e Estática, Aprendizagem Baseada em Competências e Habilidades, Modelagem Bifocal, Ensino Médio Técnico Integrado.

Belém
Junho de 2020

ABSTRACT

Didactic Sequence with Integrating Project: developing Competencies and Skills in Integrated Technical High School

Rosevaldo Celestino Barros

Advisor: Theacher Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues

Facing our society's technical and scientific problems requires mobilization of different knowledge and, often, a lot of teamwork. In this sense and in line with this training intent, this dissertation aims to present a didactic sequence with an integrative project for the teaching of Physics focusing on the development of skills and abilities for students of the Technical Course in Buildings of the Federal Institute of Pará, Campus Bragança. For that, the stages of elaboration with the respective theoretical foundation, application and evaluation were presented. As an educational product resulting from the research, an application guide for the teacher was elaborated, which contains the theoretical assumptions of the proposal and the steps that constitute the didactic sequence. The research was developed in the first semester of 2019 in a class of 27 students. The didactic sequence, itself, was articulated and applied in activities arranged in four didactic cycles, which consist of theoretical classes, reading tests, hands-on activities and dialogued feedbacks. Subsequently, the students participated in the development of the integrating project with the challenge of building the physical and mathematical-computational models of a lattice crane with popsicle sticks involving the disciplines of Physics, Mathematics, Stability of the Structures and Technology of Concrete and Mortar. The evaluations of the integrative project were based on the structure of project-based learning (PBL), which encompasses forms of evaluation that are significantly different from those worked on in more traditional education paradigms. The vast majority of students reached the highest level on the scale of the observable indicators of competent performance. Regarding the design of the project in its entirety, signs of significant learning gain were identified that characterized the enhancement of the development of students' skills and abilities.

Keywords: Physics education, Newton's Laws and Statics, Competency and Ability-Based Learning, Bifocal Modeling, Integrated Technical High School.

Belém
June, 2020

Sumário

CAPITULO 1.....	15
Introdução	15
CAPITULO 2.....	20
Fundamentação Teórica do Trabalho.....	20
2.2 Aplicação de uma sequência didática para o desenvolvimento de competências e habilidades	23
2.3 Aprendizagem baseada em projetos (ABP) no ensino de Física	26
2.4 Modelagem bifocal	30
2.4.1 Aprendizagem com o uso de <i>software</i> profissionais no ensino de Física	31
CAPÍTULO 3.....	33
Material e Métodos.....	33
3.1 Campo de aplicação da pesquisa: instituição e caracterização da modalidade de educação do público-alvo	33
3.2 Instrumentos avaliativos do PI	36
3.3 Carga horária total, cronologia de aplicação da SD e caracterização do público-alvo	40
CAPÍTULO 4.....	41
A Sequência Didática: Ciclos Didáticos e o Projeto Integrador	41
4.1 Primeiro momento: a sequência didática interdisciplinar	41
4.1.1 Ciclo didático proposto para a SD	43
4.2 Avaliação do ciclo didático (CDDCH).....	47
4.3 Explicitando o 4º ciclo didático da SD	48
4.3.1 Quarto ciclo: máquinas simples	49
4.4 Segundo momento: desenvolvimento do projeto integrador PI	59
4.4 Apresentação do desafio e orientação aos alunos	61
4.5 Regulamento para construção do modelo físico proposto no PI	64
4.6 Desafios na concepção de um projeto integrador	65
4.7 Desenvolvimento do projeto integrador	67
4.7.1 Elementos norteadores e avaliativos do PI.....	68
4.8 Integração das atividades do projeto.....	69
CAPÍTULO 5.....	71
Análise dos Resultados.....	71
5.1 Relatórios automáticos dos questionários <i>online</i>	71
5.2 Análise das rubricas de avaliação componente dos CDDCH.....	81
5.3 Análise do evento de socialização do PI	83
5.4 Análise da atuação dos alunos no PI.....	85

CAPÍTULO 6.....	87
A Física da Grua	87
6.1 Guindastes de torre: o tipo de grua mais comum	87
6.1.1 Origem	87
6.1.2 Guindastes de torre	89
6.2 Normas Regulamentadoras - segurança e saúde do trabalho	90
6.2.1 Normas Regulamentadoras (NR05, NR06, NR17 e NR18)	90
6.3 TÓPICOS DE FÍSICA ABORDADOS NA GRUA	91
6.3.1 Movimento pendular	92
6.3.2 Momento de Força em configurações de equilíbrio em uma grua	94
6.3.3 Momento de equilíbrio na grua de torre	96
6.3.4 Aplicação prática	98
CAPÍTULO 7.....	100
Considerações Finais	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
Apêndice A	110
Produto Educacional: Projeto Integrador para o Desenvolvimento de Competências e Habilidades: Uma proposta metodológica para o Ensino de Física.....	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	190
Apêndice B: Lâminas de apresentação da SD.....	193
Apêndice C: Fichas de atividades Mão na massa	205
Apêndice D: Modelo de Ficha Avaliativa de apresentação do PI	212
Apêndice E : Modelo de Questionário Avaliativo para os alunos sobre o PI ..	214
Apêndice F: Modelo de Diário de Bordo	215
Anexos.....	216
Anexo A: Conceitos de Propriedades de Materiais importantes para a construção de uma ponte ou grua de palitos de picolé	216
Anexo B: Pequeno Tutorial Ftool.	222
Anexo C: Planilha de avaliação da sequência.....	238

CAPITULO 1

Introdução

Por meio da Lei nº 11.892 é instituída, no Brasil, em 29 de dezembro de 2008, a criação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. Tais institutos têm origem por meio da transformação e/ou integração de instituições já existentes, tais como as Escolas Técnicas Federais (ETFs), os Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs) e as escolas técnicas vinculadas às universidades federais (BRASIL, 2008). Os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, mais conhecidos por Institutos Federais (IFs), ganharam *status* de universidade no que concerne à regulação, avaliação e supervisão, mas com finalidades e características específicas. No âmbito dessas especificidades está a oferta de educação profissional técnica de nível médio, de nível superior com foco centrado em licenciaturas e de cursos tecnólogos¹, bem como a atuação na formação inicial e continuada de trabalhadores, entre outras finalidades e características definidas pela citada lei.

Como aponta Pasqualetto (2018, p. 11) os IFs atuam sobre o tripé “ensino, pesquisa e extensão” e têm como alguns de seus objetivos integrar ciência e tecnologia às suas práticas cotidianas. Desse modo como apontam Pacheco, Augusto e Pereira (2010, p. 84), “a articulação desses três elementos (ensino, ciência e tecnologia), se assim vier a se concretizar, pode constituir-se no núcleo duro estruturante da identidade dessas novas instituições e de seus agentes”. Destaca-se ainda a função de promover igualdade social por meio de educação de qualidade. Desse modo entendemos que

Os IFs já avançaram bastante em relação a muitos dos desafios a eles impostos. Grande parte dos câmpus oriundos da primeira e da segunda etapa de implementação já se estabeleceram socialmente, criaram vínculos comunitários, formaram um corpo de servidores e estabeleceram organizações didáticas, entre outros aspectos que poderiam ser citados (PASQUALETTO, 2018, p. 11).

Entretanto, como qualquer instituição de ensino, os IFs possuem ainda inúmeros desafios a vencer, entre os quais está a busca pela adequada formação de seus estudantes para o mundo do trabalho perante as exigências da sociedade

¹ O tecnólogo é um profissional que fez um **curso** superior de tecnologia, ou curso de tecnólogo, uma formação de nível superior cada vez mais valorizada no mercado de trabalho. Os **cursos** de **tecnólogo** são oferecidos nos formatos presencial e a distância e duram de 2 a 3 anos.

contemporânea. Como aponta Pacheco (2012, p. 72), “ao discutir sobre a pesquisa como princípio pedagógico, o caminho para uma formação discente apropriada envolve não só conhecimentos acadêmicos como diversos outros construtos e capacidades”. Nesse contexto,

As necessidades formativas do cidadão do século XXI vão muito além da acumulação de conhecimentos, pois envolvem também a capacidade de seleção e tratamento de informações, a transposição de conhecimento de uma situação e/ou contexto para outro, a resolução de problemas para os quais não há uma única resposta bem definida, que também envolve a capacidade de trabalhar de forma cooperativa, entre outras. (PASQUALETTO, 2018, p. 12).

Para trabalhar o indivíduo integralmente, qualquer instituição de ensino entende que a educação é essencial para a formação e para o desenvolvimento do ser humano, uma vez que constitui a base da sociedade, que passa constantemente por transformações e que busca cada vez mais o aperfeiçoamento dos processos educativos. Com isso, é importante o leitor atentar às estratégias postas ao longo deste trabalho, pois salienta-se que, no contexto atual, percebe-se a necessidade de associar educação à inovação nas instituições de ensino, de forma criativa e modernizada, de modo a resolver os problemas enfrentados por seus educandos.

Diante de gerações mais tecnológicas e informadas, torna-se um grande desafio para os educadores conhecer cada vez mais sobre os alunos, de maneira a entender suas realidades, e se preciso for, buscar diferentes formas didáticas para obter melhor desenvolvimento e interação com o aluno dentro e fora da sala de aula.

Nesse sentido, assumindo a postura de ser um agente transformador da sociedade, o professor às vezes tem de lidar com situações difíceis, como, por exemplo, a evasão escolar. De acordo com Arroyo (2002), a evasão escolar na escola de ensino médio está relacionada a fatores que levam o estudante a não permanecer nos estudos, vinculando-se com maior ou menor grau à democratização do ensino, e com o ponto de vista da exclusão no sistema escolar. Porém a conceituação do tema não é uma tarefa fácil, pois

“(...) a evasão é um fenômeno complexo, multifacetado e multicausal, atrelado a fatores pessoais, sociais e institucionais, que podem resultar na saída provisória do estudante da escola ou na saída definitiva do sistema de ensino” (DORE *et al.*, 2014, p. 386).

Para Dore *et al.* (2014), os estudantes que fazem cursos de nível médio técnico são em sua maioria oriundos das classes socioeconomicamente desfavorecidas, com pouco poder aquisitivo, estando na linha da pobreza e com grande vulnerabilidade

social. Isso é uma realidade que se reflete na história da educação profissional, tendo como foco a formação de mão de obra trabalhadora para atender às demandas do mercado, assim como a economia do País. Diante de tal prerrogativa, é dever de todo educador e também da sociedade minimizar a evasão na educação profissional. Partindo desse pressuposto, são indispensáveis, portanto, alternativas metodológicas que coloquem as instituições de ensino, entre elas os IFs, de forma atuante com as características e necessidades da sociedade. Nesse sentido, Pasqualetto (2018) afirma que pode-se destacar a aprendizagem baseada em projetos (ABP) como uma metodologia potencialmente coerente com a proposta dos IFs e cujo potencial envolve não só o trabalho colaborativo, como também o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas abertos e a interdisciplinaridade.

Segundo Bender (2014), “a ABP pode ser definida pela utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa, ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos no contexto do trabalho cooperativo para a resolução de problemas”.

Em linhas gerais, o objetivo deste trabalho pode ser assim expresso: planejar, desenvolver, aplicar e avaliar qualitativamente uma sequência didática contendo um projeto integrador aplicado sob metodologia de ABP, conforme apresentada por Bender (2014) para o estudo da Estática, no âmbito de uma turma de ensino médio profissionalizante em edificações.

De maneira mais clara e objetiva, podem-se detalhar os objetivos deste trabalho da seguinte forma:

- Pesquisar metodologias de ensino/aprendizagem que possam estar contidas em uma sequência didática (SD) voltada para o desenvolvimento de competências e habilidades;
- Estudar o Projeto Político-Pedagógico do Curso (PPC) do Curso de Edificações;
- Pesquisar pressupostos oficiais que orientam o ensino médio integrado no Brasil;
- Avaliar a aceitabilidade sobre a forma como foram aplicados os conteúdos e posterior finalização da SD via projeto integrador;

- Desenvolver e aplicar uma ferramenta avaliativa para a sequência didática, como também para o projeto integrador, de forma a investigar a adesão dos alunos aos objetivos de cada atividade proposta;
- Desenvolver um material de apoio que sirva de guia para um professor que atue no contexto do ensino médio integrado.

Para alcançar os objetivos postos, foi desenvolvido um material de apoio instrucional para o professor – segunda parte do trabalho –, no qual ele encontrará os pressupostos teóricos da aprendizagem baseada em projetos assumidos neste trabalho, assim como suas etapas constituintes.

Inicialmente, a sequência didática foi construída, aplicada e avaliada de modo a atender à necessidade teórico-prática de conceitos físicos abordados no desenvolvimento de um projeto integrador que almejava o desenvolvimento de competências e habilidades pertinentes à formação do técnico em edificações.

Juntamente com tudo isso, o professor recebe um tutorial de uso do software **Ftool 4.0**², que é uma sugestão para a modelagem computacional do projeto integrador.³ A dissertação é composta por sete capítulos, sendo o primeiro capítulo a introdução do trabalho. No Capítulo 2, delimitam-se os conceitos de competência e de habilidade no âmbito educacional partindo-se de documentos oficiais, tais como: os Parâmetros Curriculares Nacionais estendidos (PCN+), Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 9394/96) e Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ainda no Capítulo 2, apresenta-se um design instrucional que mescla duas estratégias metodológicas (aplicação de uma sequência didática (SD) e aprendizagem baseada em projetos (ABP) com um modelo proposto de projeto integrador que utiliza a simulação computacional (SC), em uma abordagem inovadora denominada modelagem bifocal (MB). A proposta de sequência didática (SD) foi construída de acordo com as premissas levantadas no capítulo anterior. O capítulo é iniciado com a descrição de seus objetivos globais (possibilitar ao aluno o desenvolvimento do

² Destinado à análise de estruturas bidimensionais, o programa Ftool é utilizado por engenheiros civis e estudantes de engenharia civil no Brasil e em Portugal. O **Ftool 4.0**, foi originalmente desenvolvido pelo professor Luiz Fernando Martha, do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC – Rio).

³ Projeto Integrador visa a sistematizar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes de modo a propiciar uma mudança na função do aluno dentro do processo ensino-aprendizagem. Ele passa a ser protagonista, em contraposição ao ensino tradicional, em que desempenha função passiva.

esquema de atuação competente) e a apresentação de uma primeira descrição da proposta em que se descrevem os princípios de design de cada etapa. Propõe-se também um modelo de projeto integrador, bem como os desafios postos para sua concepção. No Capítulo 3, apresentam-se as propostas metodológicas que caracterizam o tipo de pesquisa, os tipos de dados trabalhados e como foram avaliados, bem como as ferramentas de coleta de dados. O Capítulo 4 trata da descrição da SD, assim como do projeto integrador (PI). O capítulo é finalizado com uma cronologia e etapas da aplicação. No Capítulo 5 analisam-se os indícios de ganho de aprendizagem da SD, dos resultados do projeto integrador a partir da aplicação dos instrumentos avaliativos como as rubricas de indícios de atuação competente que estão disponíveis no Produto Educacional. No Capítulo 6 apresenta-se a Física aplicada à grua para que, assim, o leitor possa ter uma ideia dos principais assuntos da Física diretamente relacionados com o funcionamento do equipamento. Por fim, no Capítulo 7, encerra-se o trabalho com a síntese dos principais resultados e aprendizados decorrentes de todas as etapas da pesquisa.

CAPITULO 2

Fundamentação Teórica do Trabalho

2.1 O conceito de competências e habilidades no âmbito educacional

Considerando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), aprovados em complementação à Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1996 (Lei Federal 9.394), são positivadas de modo oficial as prerrogativas para o desenvolvimento de competências no sistema de ensino brasileiro em todo o país. (PCN 2000, p. 4)

A valorização da aprendizagem (formal e não formal) é um dos vetores principais na formação completa do ser humano, pois aprendizagem e competência são as duas faces de uma política de educação e formação centrada no conhecimento. A aquisição de competências, embora se dê em um processo de colaboração com outros seres humanos, não ocorre à revelia do indivíduo, sem sua ativa participação. É por isso que se afirma, corretamente, que a aprendizagem é sempre ativa e colaborativa, ou seja, com elementos que enfatizam a ação e o trabalho em conjunto ou equipe (RUTHES, CUNHA, 2008).

Para tanto, a filosofia dos objetivos educacionais deve passar do conhecimento para a competência e do ensino para a aprendizagem, sendo que os alunos, na medida do possível, devem assumir a responsabilidade da sua própria aprendizagem, procurando ativamente a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de suas competências (GOODSON, 2001).

As competências são modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que são utilizadas para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que se deseja conhecer. “[...] As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do *saber fazer*. Através das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências” (BRASIL, 2000, p. 5).

Conceituar competência no âmbito educacional é fundamental para o embasamento teórico posto neste trabalho. Entretanto é importante ter em mente que, mesmo de modo restrito ao âmbito educacional, não existe uma definição única, clara e partilhada por todos os autores sobre a noção de competência (PERRENOUD, 1999 apud COSTA, 2018). Competência é um conceito essencialmente polissêmico, característica esta reconhecida nos documentos oficiais da educação brasileira. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares - PCN+, para as

Ciência Naturais, *“não há receita, nem definição única ou universal, para as competências, que são qualificações humanas amplas, múltiplas e que não se excluem entre si; ou para a relação e a distinção entre competências e habilidades”* (BRASIL, 2002 p. 115, *itálico nosso*).

Sobre essa questão há muitos estudos e alguns resultados de sucesso publicados, principalmente em congressos e seminários sobre educação, ainda que muitos não estejam totalmente familiarizados com a abrangência dessas ideias, pois como escreveu Perrenoud (2000) em seu livro *10 Novas competências para ensinar*, “decidir na incerteza e agir na urgência: essa é uma maneira de caracterizar a especialização dos professores”.

Assim como Maria Kawamura e Yassuko Hosoume (2016, p. 27), entende-se que

“Para enfatizar os objetivos formativos e promover competências, é imprescindível que os conhecimentos se apresentem como desafios cuja solução, por parte dos alunos, envolve mobilização de recursos cognitivos, investimento pessoal e perseverança para uma tomada de decisão. Nessas circunstâncias, importa o desenvolvimento de atividades que solicitem dos alunos várias habilidades, entre elas, o estabelecimento de conexões entre conceitos e conhecimentos tecnológicos, o desenvolvimento do espírito de cooperação, de solidariedade e de responsabilidade”.

A partir do exposto acima, compreende-se a natureza dos conceitos sobre competências e habilidades, assim como suas finalidades atreladas à construção do conhecimento e posterior aplicabilidade em situações reais.

O quadro 2.1 mostra algumas competências e habilidades extraídas das Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

Quadro 2.1 - Competências e Habilidades a serem desenvolvidas em Física

Representação e comunicação	Investigação e compreensão	Contextualização sociocultural
- Compreender enunciados que envolvem códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos. - Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si. - Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento aprendido, por meio de tal linguagem. - Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas. - Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.	- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar. - Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas. - Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos. - Construir e investigar situações-problema, identificar a situação, prever, avaliar, analisar previsões. - Articular o conhecimento físico com o conhecimento de outras áreas do saber científico.	- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico. - Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e a sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico. - Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia. - Estabelecer relações entre o conhecimento físico e as outras formas de expressão da cultura humana. - Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

Fonte: BRASIL (2000, p. 23).

Segundo o quadro, deduz-se que “competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”, (BNCC, 2017, p. 08).

A BNCC aponta para a necessidade de os alunos serem capazes de utilizar os saberes adquiridos com a finalidade de dar conta do seu dia a dia, considerando sempre os princípios universais, como a ética, os direitos humanos, a justiça social e a sustentabilidade ambiental. Ela também informa que as escolas promovam não

apenas o desenvolvimento intelectual, mas também o social, o físico, o emocional e o cultural, compreendidos dentro de uma esfera cuja perspectiva seja uma educação integral. Isso as diferencia das habilidades, pois elas são focadas no desenvolvimento cognitivo.

2.2 Aplicação de uma sequência didática para o desenvolvimento de competências e habilidades

Inicialmente se faz necessário apresentar uma definição mais difundida de sequência didática. De acordo com Tobón (2010), uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor.

A sequência didática deve partir de uma problematização alicerçada no cotidiano, ou seja, ela deve instigar a curiosidade do aluno fazendo-o aprender a tomar decisões.

Surge então a pergunta: quem determina então o problema que deve ser resolvido? “Há várias possibilidades, dado que há quatro níveis de participação do alunado na formulação do problema, que vão de baixa participação (inicial-receptiva) a um alto grau de participação (estratégica)” (TOBÓN, 2010, p. 65). Foi proposto neste trabalho um modelo compartilhado de formulação, no qual o professor traz uma questão inicial aos alunos, mas também acolhe sugestões por parte desses, no que se refere ao delineamento final do problema proposto.

Nesse sentido, é fundamental que as estratégias adotadas em uma estrutura de sequência didática estejam adaptadas e relacionadas à situação-problema escolhida e que esta, por sua vez, esteja alinhada não somente às competências formativas almejadas para os alunos (considerando-os em suas especificidades), mas também aos tópicos e/ou módulos contidos na própria sequência didática (COSTA, 2018).

Em acordo com Perrenoud (2011), o desenvolvimento de um esquema de atuação competente por parte do estudante requer planejamento de etapas didáticas e de situações complexas e significativas para o contexto do aprendiz. Ao encadeamento de atividades didático-pedagógicas propostas com etapas e objetivos claros, tanto para o professor quanto para o aluno, nominamos como **sequência didática** (COSTA, 2018).

Como “coração” da sequência didática temos conjuntos integrados e articulados de propostas geradoras ou desencadeadoras das ações, projetos, problemas, questões ou desafios típicos do mundo do trabalho, as quais são intencional e significativamente colocadas para a construção de saberes e para o desenvolvimento de competências profissionais que proporcionem aos estudantes oportunidades para intervir na realidade com posicionamento crítico, a fim de que os mesmos reflitam sobre os resultados e processos das suas intervenções. Nomina-se cada um desses artefatos didático-pedagógicos sobre os quais são fundamentadas nossa sequência didática como **situação-problema**⁴.

Para a presente pesquisa foram produzidas um total de 5 situações-problemas, sendo 4 dessas utilizadas nas atividades mão na massa que fazem parte dos ciclos didáticos (uma por ciclo) e a outra é a questão-âncora que embasa o desafio proposto no projeto integrador da dissertação.

Tendo em isso em consideração, Carvalho e Perez (2001, p. 114) afirmam:

É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos. (Carvalho e Perez, 2001, p. 114).

Do exposto acima, entende-se que conceitos, habilidades e atitudes partem do pressuposto de que a aprendizagem acontece por via de problematizações e de pesquisa nos contextos de ação investigativa por meio de processos, de interações e de práticas de observação que permitem ao estudante a inserção no universo da ciência. No quadro 2.2, mostram-se exemplos de metodologias utilizadas para a elaboração de uma sequência didática.

⁴ O termo situação-problema utilizada neste trabalho é uma adaptação do conceito de situações-meio utilizado na referência BRASIL, Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Referenciais Curriculares Nacionais. Educação Profissional de Nível Técnico – Introdução. Resolução CEB/CNE nº04 e Parecer CEB/CNE nº16,1999.

Quadro 2.2: Principais metodologias a serem consideradas na elaboração de uma sequência didática com foco no desenvolvimento de competências e habilidades

Estratégia	Síntese	Passos	Principais Benefícios
Aprendizagem Baseada em Problemas	É sobre interpretar, discutir e propor a solução para um problema, criando um cenário simulado de solução possível e analisando as consequências prováveis.	Etapas: Analisar o contexto; identificar o problema; Estabelecer alternativas; Selecionar a melhor alternativa; Testar a alternativa por meio de uma simulação.	Permite explorar com profundidade a análise da solução de um problema.
Estudo de Caso	Um caso estudado em que você tem apresentado um problema e o caminho como foi abordado.	Apresentação do problema; Documentação do caso; Apresentação do caso; Conquistas e aspectos a melhorar em outra abordagem do caso; Conclusões.	Permite entender a abordagem de um problema em um caso concreto
Aprendendo "In situ"	Está aprendendo no mesmo ambiente que é pretendido aplicar o conhecimento.	Selecione o ambiente; Prepare-se para o meio ambiente; Adapte-se para meio ambiente; Faça atividades requeridas no meio ambiente de acordo com algumas condições de contorno próprias do local.	Permite formar habilidades no mesmo ambiente em que irá aplicá-las.
Aprender servindo	Oferecer serviços e/ou produtos para a comunidade para aprender competências.	Determinar que produto ou serviço é apropriado para desenvolver as competências almejadas.	Você aprende e serve a outras pessoas.
Aprendizagem cooperativa	Aprender com auxílio dos pares.	Identificar o objetivo; Definir papéis; Realizar atividades; Ampliar pesquisa.	Aprender com ajuda dos pares.

Fonte: Adaptado de COSTA (2018).

Esta sequência didática (SD), em particular, é inspirada no trabalho de José Benício da Cruz Costa⁵, pertencente ao mesmo grupo de pesquisa⁶ (Laboratório de Inovação Didática em Física – LIDF), sob coordenação do professor doutor Alexandre Guimarães Rodrigues, que foi desenvolvida como Produto Educacional decorrente de pesquisa no Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Nesta SD foram compostas duas metodologias, de maneira cooperativa e articulada: **aprendizagem baseada em projetos** e a **simulação computacional**. Também de modo particular, foi feita uma proposta de concatenação de ambas, nominada como **modelagem bifocal (MB)**, a qual foi desenvolvida na Universidade de Stanford pelo pesquisador brasileiro Paulo Blikstein.

2.3 Aprendizagem baseada em projetos (ABP) no ensino de Física

Aprende-se desde o nascimento, a partir de situações concretas, que pouco a pouco se consegue ampliar e generalizar (processo indutivo). Aprende-se também a partir de ideias ou teorias para testá-las depois no concreto (processo dedutivo), “[...] não apenas para nos adaptarmos à realidade, mas, sobretudo, para transformar, para nela intervir, recriando-a” (FREIRE, 1996, p. 28).

Diante de situações concretas, constrói-se um aprendizado mais sólido e enriquecedor. A proposta, em sentido mais amplo, está alicerçada na aprendizagem baseada em projetos, cuja metodologia busca dar ao aluno um novo viés no processo ensino-aprendizagem.

“A aprendizagem baseada em projetos é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo de forma cooperativa em busca de soluções” (BENDER, 2014, p. 9).

Há atualmente a tendência em combinar metodologias ativas em contextos híbridos, unindo assim vantagens das metodologias dedutivas. Os modelos híbridos procuram equilibrar a experimentação com a dedução, invertendo a ordem tradicional: experimenta-se, entende-se a teoria e volta-se para a realidade (indução-dedução, com apoio docente).

⁵ COSTA, José Benício da Cruz. Planejamento, construção, validação e avaliação de uma Sequência Didática com foco no Desenvolvimento de Competências no Ensino Médio Integrado. Dissertação (Dissertação em Física) – UFPA. Belém, 2018.

⁶ No endereço eletrônico <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/318567> o leitor encontrará informações pertinentes ao trabalho desenvolvido pelo grupo de pesquisa.

“A ABP, por sua vez, pode ser definida pela utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos no contexto do trabalho cooperativo para a resolução de problemas” (BENDER, 2014, p. 16).

No quadro 2.3, apresenta-se uma síntese de aspectos comuns que podem nortear o nível e a profundidade do planejamento necessário para a instrução de uma ABP.

Quadro 2.3: Características essenciais da ABP

Âncora. Introdução e informações básicas para preparar o terreno e gerar o interesse dos alunos.

Trabalho em equipe cooperativo. É crucial para as experiências de ABP, enfatizado por todos os proponentes da ABP como forma de tornar as experiências de aprendizagem mais autênticas.

Questão motriz. Deve chamar a atenção dos alunos, bem como focar seus esforços.

Feedback e revisão. A assistência estruturada deve ser rotineiramente proporcionada pelo professor ou no interior do processo de ensino cooperativo. O *feedback* pode ser baseado nas avaliações do professor ou dos colegas.

Investigação e inovação. Dentro da questão motriz abrangente, o grupo precisará gerar questões adicionais focadas mais especificamente nas tarefas do projeto.

Oportunidades e reflexão. Criar oportunidades para a reflexão dos alunos dentro de vários projetos é aspecto enfatizado por todos os proponentes da ABP.

Processo de investigação. Pode-se usar diretrizes para a conclusão do projeto e geração de artefatos para estruturar o projeto. O grupo também pode desenvolver linhas de tempo e metas específicas para a conclusão de aspectos do projeto.

Resultados apresentados publicamente. Os projetos de ABP pretendem ser exemplos autênticos dos tipos de problemas que os alunos enfrentam no mundo real, de modo que algum tipo de apresentação pública dos resultados do projeto é fundamental dentro da ABP.

Voz e escolha do aluno. Os alunos devem ter voz em relação a alguns aspectos de como o projeto pode ser realizado, além de serem encorajados a fazer escolhas ao longo de sua execução.

Fonte: BENDER (2014, p. 32).

Nesse contexto, é importante destacar quais as vantagens em utilizar a aprendizagem baseada em projetos com foco no desenvolvimento de competências e habilidades:

- concilia diversos saberes por meio de atividades mais diversas (BUCK, 2008; TOBÓN, 2010);
- permite a prática de diversas habilidades ao longo do desenvolvimento do projeto, entre elas: comunicação entre os pares, autogestão, autorregulação⁷ (BUCK, 2008; TOBÓN, 2010);
- possibilita a integração de áreas curriculares (BENDER, 2014; BLIKSTEIN, 2013);
- atende à necessidade de aprendizes com diferentes níveis e estilos de aprendizagem (COHEN, 2017);
- envolve e motiva discentes e docentes (BONADIMAN, 2007; BUCK, 2008; TOBON, 2010);
- estabelece um nível de comunicação positiva e construtiva entre pares e grupos de alunos (BUCK, 2008; COHEN, 2017).

Visivelmente, tais competências e habilidades, tomadas isoladamente, e mais ainda quando consideradas em conjunto, são, em síntese, características esperadas para a formação integral do discente (COSTA, 2018).

Tomando então o uso da ABP como abordagem metodológica norteadora, expõe-se nos capítulos posteriores um modelo de projeto integrador (PI), que é parte de um Produto Educacional decorrente de pesquisa aplicada em nível de um programa de mestrado profissional. Tal PI foi elaborado a partir de várias experiências de trabalho com parcerias deste autor ao longo da carreira docente, especialmente aquelas firmadas com docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) durante a ocorrência da pesquisa.

Finalmente, o trabalho com projetos traz a possibilidade do exercício da interdisciplinaridade. Por estar centrado na busca de soluções de problemas complexos, o trabalho com projetos requer, com frequência, o diálogo entre diversas áreas do conhecimento.

Em relação à regulação pedagógica em nível de IF, destaca-se que a Instrução Normativa PROEN/IFPA nº 004, de 20 de novembro de 2018, *estabelece normas para*

⁷ No sentido de que o aluno identifica o que não sabe e busca, entre as diversas maneiras, sanar suas lacunas.

a organização do Projeto Integrador na integralização curricular das atividades acadêmicas específicas dos cursos técnicos de nível médio e de graduação do IFPA. A instrução traz em seu art. 2º: “O PI compreende o planejamento, a investigação, a resolução de uma situação-problema para contextualização dos conhecimentos teóricos e práticos” (IFPA, 2018, p. 2).

2.4 Modelagem bifocal

Seguindo a linha da aprendizagem baseada em projetos (ABP) e a simulação Computacional (SC), um professor brasileiro atualmente do quadro da Universidade de Columbia, Paulo Blikstein, vem trabalhando uma nova metodologia de ensino denominada “modelagem bifocal”.

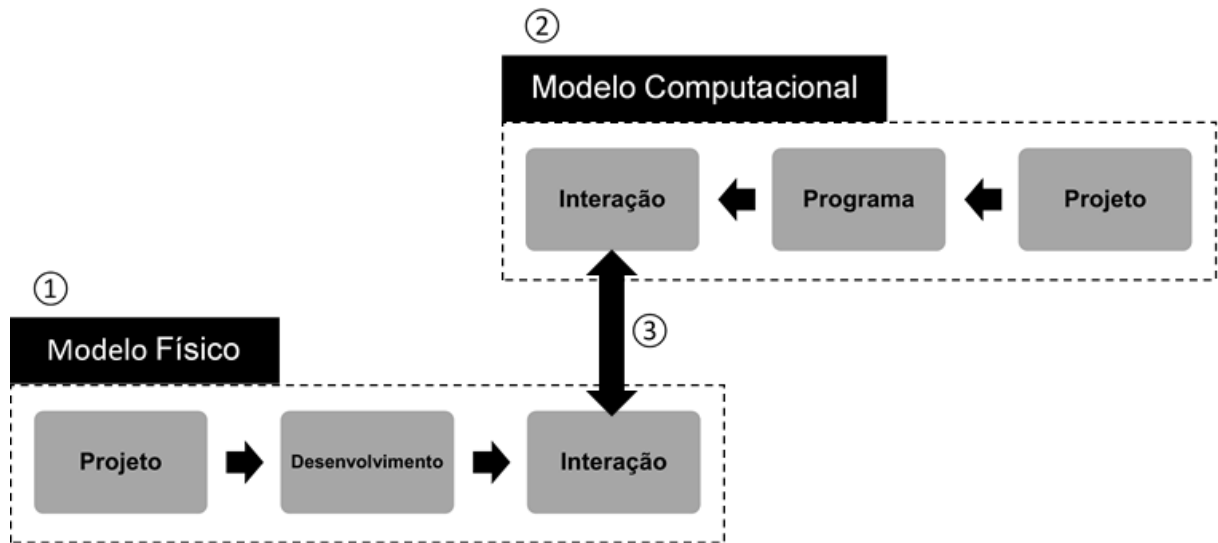
Modelagem Bifocal (MB) é um método de modelagem que integra a criação de modelos físicos e computacionais com o objetivo de aprimorar o aprendizado sobre o fenômeno físico estudado (BLIKSTEIN; WILENSKY, 2007 *apud* WITWYTZYK 2019, *et al.* p.1). O método faz com que o aluno se torne protagonista na investigação sobre o comportamento do fenômeno físico, e por sua característica iterativa promove o pensamento crítico sobre o motivo de falhas ou divergências entre o experimento físico e o modelo criado computacionalmente.

A grande vantagem desse método de ensino é que as atividades de aprendizado no âmbito construcionista permitem que os alunos coloquem, de fato, a “mão na massa” e criem elementos físicos e concretos de acordo com seu repertório e necessidade. Além disso, permite desenvolver a criatividade e a habilidade com diversas ferramentas.

Existe, nesse método, um grande enfoque na interação entre os modelos físico e computacional, para que haja manipulação de variáveis do modelo computacional ou alteração dos parâmetros do experimento físico. Mencionados por Blikstein *et al.* (2012), é da comparação entre ambos que surge a característica bifocal, e é a partir da liberdade do pesquisador para formular e testar suas hipóteses em ambiente físico e computacional que surgem os benefícios de aprendizagem. Em relação aos chamados métodos tradicionais, nos quais o aluno não é tratado como pesquisador, mas sim como absorvedor passivo do conhecimento (CASALE, 2013).

Segundo Blikstein *et al.* (2012), a MB pode ser descrita em três etapas para cada linha de desenvolvimento (real e o computacional), que podem ser combinadas de vários modos (figura 2.4).

Figura 2.4. Estrutura geral da modelagem bifocal



Fonte: Adaptado de Blikstein (2012).

Inicialmente, na etapa de *design*, os alunos são incentivados a usar recursos externos ao seu livro-texto. Posteriormente, eles elaboram suas questões de pesquisa e projetam os modelos computacionais. Segundo Blikstein *et al.* (2012), nesse momento os alunos definem conceitos, variáveis, regras e equações buscando descrever o fenômeno. Na etapa de desenvolvimento, os alunos vão construir seu modelo físico e, paralelamente, o modelo computacional. Essa é a etapa em que se põem em prática as atividades de modo que as soluções de *design* da primeira etapa podem se mostrar eficazes, ou não. Na interação, o aluno reúne tanto as informações coletadas do fenômeno físico quanto as que advêm da modelagem computacional. Em todas as etapas os alunos devem analisar, comparar e avaliar os resultados.

2.4.1 Aprendizagem com o uso de *software* profissionais no ensino de Física

É inegável que o avanço tecnológico tem sido extremamente importante para a sociedade, pois proporciona agilidade na comunicação, otimização dos processos de produção, modernização de equipamentos, facilitando a execução de procedimentos médicos, pesquisas nos mais variados campos de conhecimento, entre outros (CARDOSO; DICKMAN, 2012 *apud* COSTA 2017, p.1).

Na educação científica, as simulações têm sido propostas há mais de três décadas como ferramentas úteis para melhorar a compreensão conceitual dos alunos e o desenvolvimento de capacidades científicas (GRECA; SEOANE; ARRIASSECQ, 2014 *apud* COSTA 2018, p. 2).

Veit e Teodoro (2002) discutem sobre a importância da simulação e da modelagem computacional no processo de ensino/aprendizagem de Física, sobretudo de forma a viabilizar a implementação de algumas características-chave dos novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) brasileiro. Os referidos autores destacam as seguintes competências gerais envolvidas nessas abordagens:

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, por meio de tal linguagem.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.
- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.

É relevante mencionar que essa aprendizagem permite um processo de ensino e aprendizagem no qual o aluno pode ser agente ativo, ou seja, ele pode testar suas hipóteses, obter um *feedback* rápido, avançar no processo de acordo com suas capacidades e ainda desenvolver competências e habilidades que são exigidas para um bom entendimento da ciência.

CAPÍTULO 3

Material e Métodos

Foi objetivado para o trabalho proposto uma análise de uma pesquisa aplicada centrada em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Nesse contexto, procurou-se responder a uma demanda formulada por clientes, atores sociais ou instituições.

A pesquisa foi desenvolvida com a aplicação de um projeto integrador (PI), que por sua vez, é uma disciplina obrigatória do Projeto Político-Pedagógico do Curso Técnico em Edificações da instituição, tendo como eixo temático Ciência e Tecnologia.

A pesquisa visa, entre outros objetivos

“Articular vários pontos de vista, saberes e áreas do conhecimento, trazendo questões complexas do dia a dia, que fazem os alunos perceberem que o conhecimento segmentado (disciplinar) é composto de olhares pontuais para conseguir encontrar significados mais amplos” (MORAN, 2018, p. 18).

3.1 Campo de aplicação da pesquisa: instituição e caracterização da modalidade de educação do público-alvo

A pesquisa foi realizada no primeiro semestre de 2019 com uma turma do Curso Técnico em Edificações Integrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

O IFPA, com sede em Bragança, cuja data de fundação remonta a outubro de 2008, estabelece compromisso em atender às exigências socioeconômicas, culturais e tecnológicas dos seus alunos, em um processo de integração com o sistema de produção e no desenvolvimento regional, assumindo um papel de referência educacional, científica e tecnológica no nordeste do Pará.

Além do município de Bragança, o citado IF contempla com suas atividades outros onze municípios da região Bragantina (Augusto Correa, Capanema, Ipixuna, Nova Timboteua, Primavera, Peixe-Boi, Quatipuru, Santa Luzia do Pará, Santa Maria, Tracuateua e Viseu).

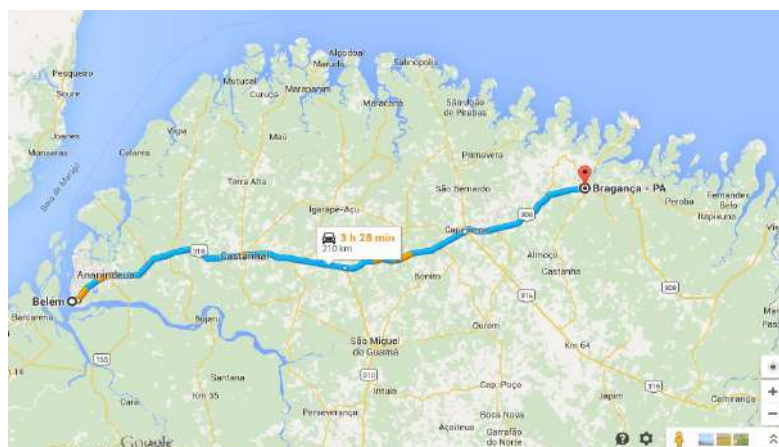
As atividades acadêmicas nessa instituição se iniciaram com a oferta de cursos técnicos em um espaço cedido no prédio da Escola Municipal Professor Jorge Daniel Souza Ramos. Em 8 de julho de 2011, o IFPA Câmpus Bragança instala-se em sua sede própria, no bairro Vila Sinhá, com estrutura para receber as atividades educacionais e administrativas e com mobilidade apropriada para acolher servidores,

colaboradores e alunos. O novo câmpus recebeu ampliações e melhorias ao longo dos anos. A última delas foi a inauguração de um salão de eventos e do restaurante estudantil. Para atender à comunidade, o IFPA Câmpus Bragança conta atualmente com: biblioteca: acervo bibliográfico, salas para estudo individual e computadores com acesso à Internet para o desenvolvimento de atividades escolares. Bloco de laboratórios: espaço para o desenvolvimento de atividades práticas dos cursos ofertados no câmpus, pesquisa e extensão. Laboratório de Biologia Molecular e Neuroecologia (LBN): laboratório de pesquisa vinculado ao curso de licenciatura em Ciências Biológicas. Campo experimental: área utilizada em atividades de práticas agrícolas pelos cursos de Agroecologia, Agropecuária e Gestão Ambiental. Restaurante estudantil: espaço para a alimentação dos estudantes. Quadra poliesportiva: espaço utilizado para atividades físicas e eventos esportivos/culturais. Áreas de convivência: hall central para atividades de lazer e programação cultural e espaço Tio Bill, sala de aula e espaço de convivência ao ar livre. Estacionamento e bicicletário cobertos. Ecoespaço: área criada para atividades de educação ambiental e acolhimento de estudantes visitantes. Também utilizada para a criação de mudas de espécies nativas. Auditório e Salão de Eventos: utilizados para receber eventos e apresentações. Bragança é um município brasileiro do Estado do Pará. A cidade é uma das mais antigas do estado, com prédios cuja arquitetura remonta a séculos passados e que nos apresenta 405 anos de história⁸.

A cidade de Bragança localiza-se a uma latitude 01° 03' 13" sul e a uma longitude 46°45'56" oeste, estando a uma altitude de 19 metros. Localiza-se a 210 quilômetros da capital, Belém, como mostra a figura 3.1. A cidade é uma das mais antigas do estado.

⁸ (<http://braganca.ifpa.edu.br/component/content/article?id=386> Acesso 20/11/2019)

Mapa 3.1. Localização de Bragança



Fonte: <http://braganca.ifpa.edu.br/localizacao>. Acesso 20/11/2019

A modalidade de educação chamada ensino médio integrado (EMI) caracteriza a educação geral (também chamada propedêutica) articulada à educação profissional do ensino médio. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Ensino Técnico, a articulação de maneira integrada afasta a ideia simplista de ensino paralelo ou concomitante, reforçando a ideia de junção, união ou aglutinação de conteúdos da base curricular comum aos da formação profissional em um único currículo escolar integrado. Dessa forma, almeja-se a formação em uma única escola destinada à formação profissional sem descuidar da educação propedêutica⁹.

O EMI pode ser cursado exclusivamente por quem já concluiu o ensino fundamental com idade inferior a 18 anos. Tal modalidade de ensino tem duração de quatro anos, executados em oito fases (duas por ano) e inclui estágio curricular obrigatório¹⁰. A certificação do aluno concluinte do EMI é o diploma de técnico, que lhe dá o direito de exercer legalmente a profissão e prosseguir os estudos no nível da educação superior. Segundo os documentos oficiais específicos para a formação técnica no âmbito da construção civil, o profissional formado no Curso Técnico em Edificações está apto para atuar nos diversos setores da construção civil. Pode realizar estudos sobre a situação de determinadas áreas que irão receber construções, instalar canteiros de obras, elaborar e organizar o licenciamento de

⁹ A organização curricular da educação profissional está regulamentada no inciso I do caput do art. 36-C da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que foi Incluído pela Lei nº 11.741, de 2008.

¹⁰ O estágio curricular obrigatório exige que as atividades predeterminadas sejam cumpridas em uma carga horária específica, de acordo com o projeto pedagógico do curso.

obras e acompanhar cronogramas de construções. Pode também trabalhar em conjunto com engenheiros e arquitetos, interpretando e desenhando projetos, sendo que os técnicos em edificações trabalham com a parte externa das construções, coordenando o uso de equipamentos e fiscalizando as aplicações de sistemas construtivos.

3.2 Instrumentos avaliativos do PI

As avaliações do PI tiveram por base a estrutura da aprendizagem baseada em projetos (ABP), que é significativamente diferente das avaliações em paradigmas mais tradicionais da educação. Por essa razão, muitas alternativas de avaliação são fornecidas em quase todas as discussões de ABP (BARELL, 2007; BOSS; KRAUSS, 2007; LARMER; ROSS; MER- GENDOLLER, 2009; SALEND, 2009). A ênfase na ABP envolve a compreensão das avaliações as quais tendem a ser mais reflexivas do que na sala de aula tradicional (BENDER, 2014, p. 129).

Decorre disso que a presente pesquisa fornece inúmeras ferramentas avaliativas ao processo de ensino, com o intuito de garantir mais qualidade e confiabilidade às nossas reflexões feitas a partir da assimilação pelos alunos em atividades envolvendo *feedback* acerca das informações, questões e sugestões que eles receberam.

Para análise da sequência didática em sua totalidade, pontuam-se diferentes modos de avaliação, tais como: testes de leitura, atividades mão na massa, atividades individuais, diário de bordo, ficha avaliativa de apresentação do PI, relatório em grupo e avaliação diagnóstica, para que assim os alunos pudessem ser avaliados em diversos aspectos.

A ferramenta de pesquisa referente à figura 3.2 é o **diário de bordo** (ver Apêndice F), que é um meio pelo qual os estudantes registram as suas atividades, reflexões e comentários sobre o modo como o trabalho que se desenvolveu em grupo ou individualmente se processou.

Abaixo mostra-se um recorte de um diário de bordo (figura 3.2) utilizado por uma das equipes no dia 18 de junho, cuja finalidade era fazer os cálculos necessários à dosagem do concreto a ser utilizado na base de sustentação da grua e posterior concretagem dela.

Figura 3.2. Modelo de Diário de Bordo utilizado pelos alunos



CURSO DE EDIFICAÇÕES
Projeto Integrador Grua
Professor: Rosevaldo Barros

DIÁRIO DE BORDO

DATA : 18. 06. 19 | **LOCAL :** lab. de Física

OBJETIVO DO DIA
 Fazer o cálculo de dosagem e, posteriormente, concretar a base de apoio da torre.

ORIENTAÇÕES DO PROFESSOR : Fomos orientados a fazer o controle dos materiais e de suas quantidades, que serão utilizados na concretagem.

IMPREVISTOS E SOLUÇÕES : Durante a concretagem da base, a torre da grua estava descendo a solução foi: prender a grua com um pedaço de arame no cabo de vassoura que estava equilibrada entre duas cadeiras numas cento altura, para que a grua ficasse na altura desejada (30cm).

AÇÕES PARA REALIZAR

1. Fazer o cálculo de dosagem;
2. Pesar a brita e a areia;
3. Pesar a brita e a areia;
4. Obter a quantidade do restante dos materiais;
5. Levar a grua para o laboratório de edificações, para ser feita a concretagem;
6. Misturar os materiais;
7. Concretar a base da torre;
8. Fazer o adensamento (mecânico)
9. Trazer a grua do lab. de edificações depois que o concreto seca.
- 10.

BONS ESTUDOS!

Fonte: Autor.

Também abaixo mostra-se um recorte de uma das fichas avaliativas da apresentação do PI (figura 3.3) utilizada por um dos avaliadores no dia 18 de junho, cuja finalidade era avaliar os conhecimentos adquiridos no processo de construção da grua, em relação às disciplinas envolvidas.

Figura 3.3. Ficha avaliativa da apresentação do PI



CURSO DE EDIFICAÇÕES
Projeto Integrador Grua
Professor; Rosevaldo Barros

FICHA AVALIATIVA

Regras para a Atividade

- 1) O guindaste grua deverá ter uma altura de 80 cm entre o chão e a parte inferior da lança de içamento;
- 2) A lança deverá ter no mínimo 60 cm entre o centro da torre e a ponta da lança e deverá ter um deslocamento de carga de no mínimo 40 cm;
- 3) Os dispositivos de içamento podem ser elétrico ou manual;

Materiais obrigatórios

- Palitos de sorvetes;
- Peso a ser içado: pode ser representado por "anilhas (pesos de academia)" uma de 3 kg e outra de 5 kg ou material similar.

Avaliação

- 1) O dispositivo deve levantar de 2 kg até a parte superior da lança, a uma distância de 25 cm da parte externa da torre (2,5 pontos);
- 2) O dispositivo deve levantar 800 g até a parte superior da lança, a uma altura de 50 cm da parte externa da torre (3,0 pontos);
- 3) Em ambos os casos, o dispositivo deverá ser capaz de fazer um giro de 360° para cada uma das atividades seja válida (2,25 pontos em cada giro com carga diferente).

AVALIAÇÃO	ÍTEM 1	ÍTEM 2	ÍTEM 3	TOTAL
	2,5	3,0	5,50	10,0

ESTRUTURA DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO ORAL

ITENS A CONSIDERAR	MÁXIMO	OBTIDO
1. APRESENTAÇÃO	0,5	0,5
2. INTRODUÇÃO	0,5	0,5
3. ORGANIZAÇÃO DAS IDÉIAS (COERÊNCIA E COESÃO)	1,0	1,0
4. DOMÍNIO DOS CONTEÚDOS	2,0	2,0
5. PODER DE SÍNTESE	1,0	1,0
6. OBJETIVIDADE	1,0	1,0
7. CONSISTÊNCIA ARGUMENTATIVA	2,0	2,0
8. SEQUÊNCIA LÓGICA DO RACIOCÍNIO	1,0	1,0
9. CORREÇÃO E PROPRIEDADE DA LINGUAGEM	1,0	1,0
TOTAL	10,0	10,0

Prof. SÉRGIO VIEIRA

Fonte: Autor.

Destaca-se que, no decorrer dos capítulos, o leitor ficará a par de todas as informações relacionadas aos processos avaliativos, uma vez que estes foram desenvolvidos em duas etapas distintas da sequência didática, a saber: a primeira, que engloba os 4 ciclos didáticos, e a segunda, que é composta por todo o desenvolvimento do projeto integrador.

Foi enfatizado aos alunos que o sucesso para atingir os objetivos de aprendizagem traçados depende do empenho decisivo individual de cada um deles. Os alunos foram informados de que a participação qualificada nas atividades propostas seria “premiada” com pontos para a avaliação bimestral obedecendo-se à média ponderada do desempenho, de acordo com a equação abaixo.

$$\frac{(TL * 2 + MM * 3 + AI * 2 + DB * 3 + AP * 2 + RG * 3 + AD * 5)}{20} = \text{Média bimestral}$$

onde:

MM: média do desempenho nas atividades mão na massa.

AI: média do desempenho nas atividades individuais.

DB: média do desempenho nos diários de bordo.

AP: desempenho na apresentação do projeto.

RG: desempenho no relatório em grupo.

AD: média do desempenho na avaliação diagnóstica.

Considerando-se a equação, verifica-se que o desempenho do aluno no projeto integrador foi analisado utilizando-se várias formas de avaliação, pois entende-se que a avaliação deve ser um instrumento por meio do qual se podem identificar e analisar a evolução, o rendimento e as modificações do educando, confirmando-se a construção do conhecimento. As várias formas têm o mesmo peso de uma avaliação bimestral. Importante ressaltar que a avaliação referente à apresentação do projeto é um ponto culminante das atividades, pois nela os alunos fazem a defesa pública dos conceitos físicos presentes na pesquisa.

3.3 Carga horária total, cronologia de aplicação da SD e caracterização do público-alvo

A SD apresentada nesta dissertação é composta por 4 ciclos didáticos de desenvolvimento de competências e habilidades (CDDCH) e pelo projeto integrador, os quais serão apresentados no capítulo seguinte. Dada a extensão dos conteúdos programáticos abordados, bem como a diversidade de recursos instrucionais, de atividades e de modalidades avaliativas, faz-se necessário explicitar, ao menos em parte, a carga horária total e a cronologia de aplicação da SD, a fim de situar o leitor sobre o desenvolvimento do trabalho em sua totalidade.

A carga horária total das atividades (CDDCHs e PI) contabilizou 40 h trabalhadas em quatro meses. Os CDDCHs aplicados na SD foram desenvolvidos entre os meses de março e abril de 2019 e serviram de embasamento teórico para o que seria desenvolvido na segunda etapa da pesquisa, ou seja o PI, visto que os alunos, a partir dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Física, Matemática, Estabilidade das Construções e Tecnologia do Concreto e Argamassa, aplicariam o aprendizado no modelo físico proposto para o PI.

Não há como não reconhecer que a carga horária total das atividades (CDDCHs e PI) ficou elevada, levando-se em conta os moldes usuais de aplicação de produtos didáticos. Contudo, o envolvimento de várias disciplinas e o número de ações didáticas e avaliativas justificam todo o tempo utilizado. Importante frisar que o ganho das ações se deu em virtude de a idéia ter sido “comprada” por professores e pela direção do instituto, o que agregou maior interdisciplinaridade e interesse genuíno aos alunos, mas também acarretou maior complexidade e carga horária ao projeto e à sequência didática.

A pesquisa foi desenvolvida em uma turma do 2º ano do ensino médio integrado do Curso Técnico em Edificações, composta de 27 alunos. A turma foi dividida em apenas dois grupos, um com 13 e o outro com 14 alunos. Apesar de a quantidade de alunos ser consideravelmente grande, o número foi decidido após reunião dos professores envolvidos.

CAPÍTULO 4

A Sequência Didática: Ciclos Didáticos e o Projeto Integrador

Conforme comentado no final do capítulo anterior, a SD é composta por 4 CDDCs e um 1 PI. Os ciclos didáticos possuem estruturas idênticas em termos de *design* instrucional. Ou seja, possuem as atividades de mesma natureza e grau de complexidade, na mesma sequência, e fazem uso dos mesmos instrumentos avaliativos. Descreve-se abaixo quais as etapas que compõem tais ciclos. Em seguida explicita-se o 4º e último ciclo didático da SD e, por fim, apresenta-se todo o detalhamento relativo ao projeto integrador da sequência didática.

4.1 Primeiro momento: a sequência didática interdisciplinar

Propondo um trabalho que fosse pautado a partir da conjunção de várias áreas do conhecimento e a integração de disciplinas, a fim de propiciar a associação de várias áreas em torno de um mesmo tema, tomou-se a interdisciplinaridade como ponto de partida para a elaboração da SD.

“A interdisciplinaridade curricular ocorre somente no campo da prática dos sujeitos como ato de aprendizagem e de apropriação mediadas do mundo por meio de um plano de organização curricular, construindo formas integradoras de tratamento da cultura e do conhecimento, seja pela busca de alternativas didáticas, pela integração de conteúdos, ou pela estruturação de interfaces entre disciplinas na matriz curricular” (THIESEN, 2013, p. 6).

Essa interface curricular voltada à interdisciplinaridade proporciona situações de aprendizagem positivas ao aluno, fazendo uma conexão entre vários ramos do conhecimento. Para Küller e Rodrigo (2012), as ocasiões de aprendizagem são as ações dos discentes quando dirigidas pelo docente, sendo dedicadas à absorção de uma ou várias competências antecipadas pelo plano de trabalho docente ou pelo plano de curso. Desse modo, as ocasiões de aprendizagem devem ser referenciadas e exigir a prática das competências. Sobre a formação curricular e sua interdisciplinaridade, Thiesen (2013, p. 6, *aspas no original*) defende:

[...] consideramos ser possível a adoção de formas integradoras de tratamento ao currículo disciplinar, seja pela integração dos conteúdos de conhecimento, pelas inter-relações nas diferentes disciplinas, pela projeção e adoção de metodologias dirigidas à integração ou ainda pela adoção de uma concepção de universalidade do conhecimento. O que não significa dizer que essas alternativas representem ‘interdisciplinaridade curricular’, já que o currículo, desde uma perspectiva epistemológica até sua materialização na forma escolar, vem legitimando formas cindidas de produção, organização e disseminação do conhecimento.

Tendo em vista esse arcabouço teórico, propôs-se e aplicou-se uma SD inicial, dado o contexto interdisciplinar, entre as disciplinas de Física e de Estabilidade das Construções, pertencentes ao PPC do Curso Técnico em Edificações do IFPA, Câmpus Bragança. Ambas possuem assuntos semelhantes, que permitem abordagens conjugadas de maneira a construir os pilares do projeto integrador para o desenvolvimento de habilidades e competências em uma turma de ensino médio técnico integrado.

Um ponto riquíssimo a ser enfatizado é a oportunidade que os alunos tiveram ao ser orientados por duas óticas voltadas à mesma finalidade, ou seja, estudar e identificar as aplicações da Estática relacionadas ao dia a dia da construção civil. Enquanto nas aulas de Física era vista a teoria necessária à aplicação da Estática, na disciplina de Estabilidade das Construções era feita a análise dos esforços aos quais a estrutura treliçada fica submetida e posteriormente fazia-se o equilíbrio das forças utilizando o conhecimento da Estática, que é um conhecimento comum à grade curricular da disciplina Física.

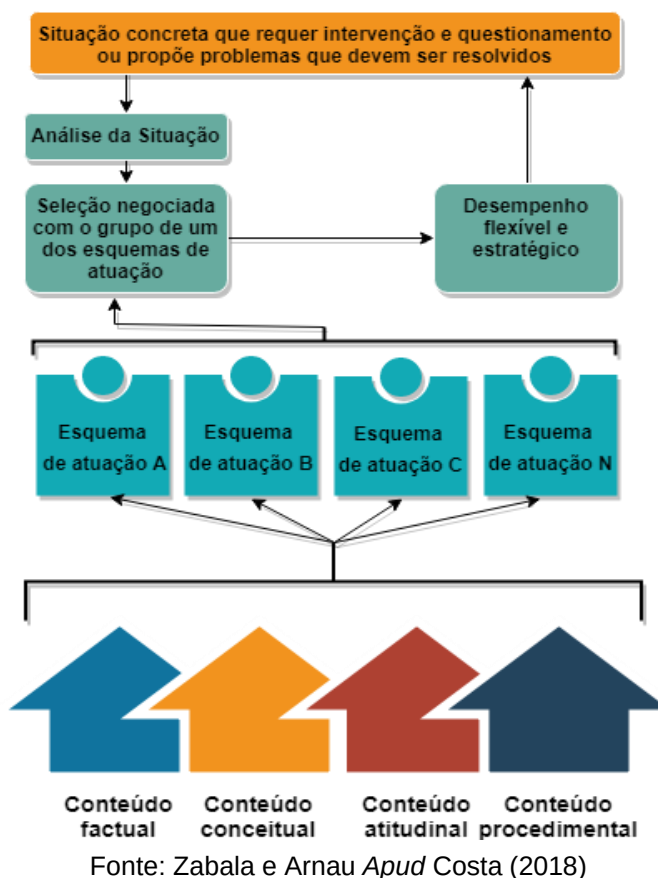
As atividades propostas na SD intencionam provocar no aluno a mobilização do que foi denominado por Zabala e Arnau (2010) de esquemas de atuação competente (figura 4.1).

Entre as atividades propostas destacam-se aquelas denominadas neste trabalho de **atividades mão na massa**, que se constituem por um conjunto de ações que permitem a obtenção de resultados quantitativos e palpáveis. Experiências como a participação em práticas experimentais estimulam o uso da linguagem matemática associada a uma situação real e incentivam o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades cognitivas e atitudinais, que são fundamentais no processo de aquisição do conhecimento em geral.

Tais procedimentos são abordados nessa SD em consonância com as propostas didáticas que ficaram consagradas com o nome de “sala de aula invertida” e também conjugada com a metodologia denominada ensino sob medida (BERGMAN, 2016; NOVAK, 1999).

A SD proposta fornece ainda ao aluno a oportunidade de sair do contexto tradicionalmente previsto em livros-textos, tendo em vista a oportunidade de ser aprendiz, quando se depara com a necessidade de projetar, construir e interagir com um modelo físico e matemático-computacional, conforme será mostrado mais adiante.

Figura 4.1. Esquema de atuação competente proposto por Zabala e Arnau (2010)

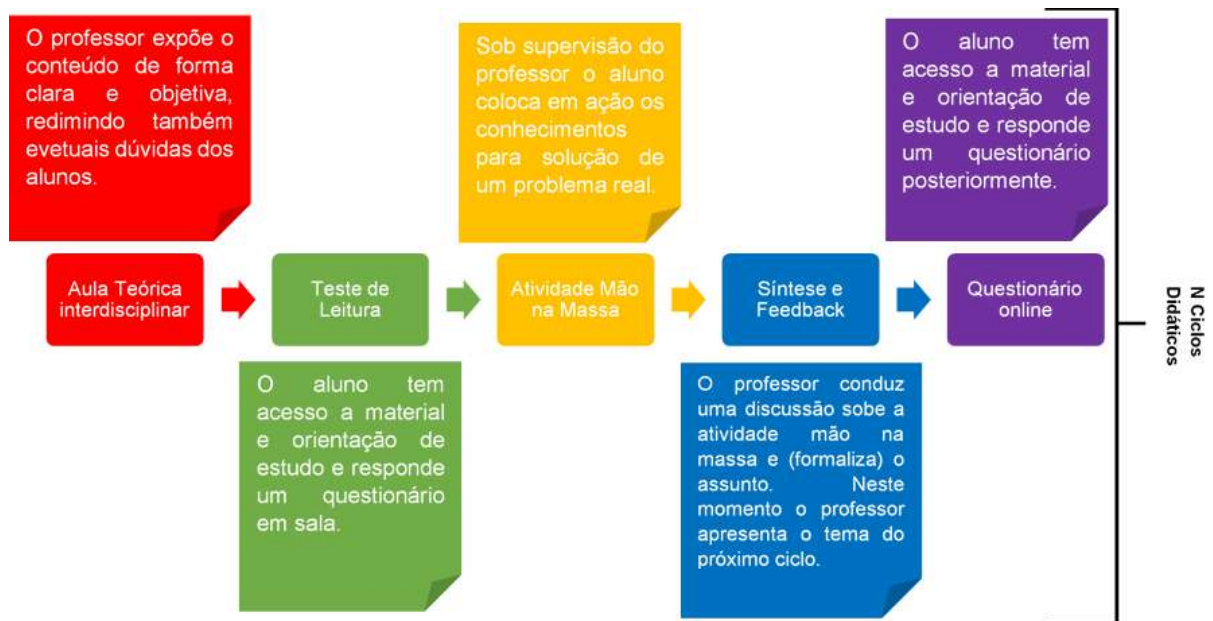


4.1.1 Ciclo didático proposto para a SD

A sequência didática é composta por ciclos didáticos de desenvolvimento de competências e habilidades (CDDCH), conforme está esquematizado na (figura 4.1.1.). Os CDDCH pretendem encadear as atividades garantindo maior dinamicidade e fluxo ao corpo maior da SD. Além dos CDDCH há ainda o projeto integrador (PI), o qual será detalhado mais adiante.

Os ciclos têm 5 etapas distintas, alinhadas e complementares, que serão sucintamente apresentadas nos itens abaixo. Tal estrutura, conforme já mencionado, tem origem em outro trabalho do mesmo grupo de pesquisa (COSTA, 2018), no qual o autor traçou a espinha dorsal que aponta uma sequência que deu frutos no que tange ao desenvolvimento de competências e habilidades. Inicia-se agora a descrição das etapas que compõem os CDDCH.

Figura 4.1.1. Representação dos Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades – CDDCH



Fonte: Autor.

4.1.1.1 Aula teórica e contextualizada sobre conteúdos de Leis de Newton e Estática

Os conteúdos foram expostos de forma cuidadosamente elaborada, com temas correlatos que foram pontuados de forma sequencial e progressiva especialmente para despertar o primeiro e o segundo nível de domínio cognitivo (**lembrar e entender**) proposto pela taxonomia de Bloom (FERRAZ, 2010). Importante ressaltar a inserção da História da Ciência nas aulas por meio da história dos cientistas ou da evolução dos conceitos da Física.

4.1.1.2 Teste de leitura (TL)

Ferraz (2010) expõe uma sequência de testes de leitura selecionados especialmente para despertar o segundo nível de domínio cognitivo (**entender**) proposto pela taxonomia de Bloom¹¹.

A taxonomia de Bloom do domínio cognitivo é estruturada em níveis crescentes de domínio de complexidade cognitiva – do mais simples ao mais complexo –, e isso

¹¹ Benjamin Bloom e seus colegas criaram uma divisão de objetivos educacionais em três partes: cognitiva, afetiva e psicomotora.

significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior¹². É válido ressaltar, entretanto, que, embora seja uma conjectura plausível, não é imperativo que o domínio dos níveis cognitivos de Bloom se dê em acordo com tal linearidade em sentido estrito (COSTA, 2018).

Os TLs propostos foram selecionados cuidadosamente de livros didáticos do acervo pessoal do autor e fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 do Governo Federal para o Ensino Médio. As obras abrangem os temas centrais da Física clássica e da Física contemporânea, além de suas relações com o desenvolvimento tecnológico e outras áreas do conhecimento. São eles:

- **Pensando as ciências:** destinada a abordar a Física em outras áreas, como tecnologia, fisiologia etc.
- **Outras palavras:** destinada a ter a oportunidade de verificar como o assunto que está sendo estudado é tratado por outros pensadores, em outros contextos e mídias.
- **Integrando:** que tem por objetivo proporcionar uma visão mais abrangente de um assunto estudado. Para tanto, relaciona conceitos comuns à Física e outras áreas do conhecimento, como Matemática, Química e Biologia. Além disso, propõe questões e pesquisas relacionadas ao texto.

Segundo Costa (1987), os assuntos escolares devem ser tratados de forma significativa, traduzindo-se por isso na obrigação de serem relacionados ao que o indivíduo já conhece. O significado é, dessa forma, algo pessoal, assim como a ideia de construtivismo, só alcançado por meio de esforço ativo de integração de novo conceito material às referências únicas individuais.

[...] construtivismo significa isto: a ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do Indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio [...] (BECKER, 1992, p. 88).

¹² Ver os níveis de domínio cognitivo propostos por Bloom na figura 4.8, página 69, expressos em ações - verbos - numerados em formato de escada, a partir do nível 1 até o 6, em ordem crescente de complexidade cognitiva.

Isto significa que novas ideias são introduzidas aos termos do aluno em relação à sua experiência pessoal e ao sistema de ideias. Esse princípio também é compartilhado por Freire (1996): o educador somente terá êxito no processo de ensino aprendizagem quando este percebe que a educação ocorre por meio de um vínculo relacional professor-aluno que envolva motivação.

4.1.1.3 Atividade mão na massa (MM)

Objetivos educacionais devem ser pensados para suprir as necessidades e desafios impostos a alunos e professores. Partindo desse pressuposto, propõe-se uma atividade de sala de aula planejada para ativar o terceiro nível de domínio cognitivo proposto por Bloom (**aplicar**) (FERRAZ, 2010). Nas atividades MM, os alunos são expostos ao “fazer” uma atividade experimental retirada dos manuais de experimentais da empresa AZEHEB laboratórios de Física, a qual retrata a vida real ou a prática profissional.

O mais importante é que tais situações propiciam intervenções e questionamentos por parte do estudante. Além disso, nesse formato de atividade é planejada a mobilização de conteúdos (factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais), com vistas ao desenvolvimento e à escolha de esquemas de atuação para análise e à solução de situação-desafio proposta pelo professor (ZABALA; ARNAU, 2010).

4.1.1.4 Síntese e *feedback* dialogado do ciclo e prévia do próximo

A ação devidamente planejada para estimular o quarto e o quinto nível de domínio cognitivo proposto por Bloom¹³ (**analisar e sintetizar**) (FERRAZ, 2010). Nessa etapa, o aluno reúne ideias para criar algo, de modo a expor de maneira dialogada soluções às questões propostas na etapa anterior (atividade mão na massa). Também nessa mesma etapa o aluno tem acesso à solução proposta pelo professor, de forma a poder comparar os resultados entre o que foi por ele desenvolvido e aquilo que era esperado como esquema de solução competente. O

¹³ Não confundir níveis de domínio cognitivo de Bloom com os níveis de domínio de competência de Tobón.

professor também conduz os educandos a um diálogo que antecipa conceitos para o próximo ciclo a ser trabalhado.

4.1.1.5 Questionário online com questões motivadoras, desafiadoras, instigantes e de cunho individual

Nessa seção, o autor propõe uma seleção de atividades escolhidas cuidadosamente para verificar como a Física funciona, para que o leitor ampliar seus conhecimentos e relacioná-los com assuntos mais atuais. Tais atividades foram enviadas via *smartfone* para os alunos como atividade complementar, postadas em um grupo de *WhatsApp* pedagógico criado especificamente para tal finalidade. Nessa etapa chama-se a atenção também para questões sobre os temas tratados por intermédio de aspectos conceituais.

4.2 Avaliação do ciclo didático (CDDCH)

A proposta de avaliação do aluno no CDDCH é feita como um processo contínuo que leva em consideração todas as etapas do ciclo. Dessa forma o aluno é avaliado integralmente, de maneira processual, com foco nos objetivos de aprendizagem e nas habilidades e competências a serem desenvolvidas ao longo da SD e de todo o PI.

Mais especificamente, o processo avaliativo em todos os ciclos didáticos (CDs) se dá em quatro momentos:

- Nas aulas teóricas com bastante entusiasmo e dinamismo, abordando não só o conteúdo do dia, mas também diversas aplicações práticas e tecnológicas do dia a dia.
- Na etapa de estudo autônomo que ocorre durante o TL, no qual o desempenho do aluno é analisado automaticamente, aferindo diretamente o quanto ele estudou o conteúdo proposto e conseguiu lembrar deste ao responder às questões propostas;
- No questionário online, o aluno demonstra seu desempenho ao interpretar questões dos mais variados estilos. Sua avaliação tem por objetivo a correção dos erros, levando em conta o pensamento dos alunos e suas interpretações, para servir-se delas como pontos de entrada em seu sistema de pensamento (ASTOLFI, 1997 *Apud* PERRENOUD, 1999).

- Na atividade MM, avalia-se o quanto o aluno, em conjunto com seu grupo, se aproximou de responder adequadamente ao desafio proposto.

Para cada critério e evidência, os indicadores são formulados em termos de níveis de domínio de competência proposto por Tobón (2010), a fim de detalhar claramente os níveis de desempenho dos alunos quando executam as atividades (ver quadro 4.2).

Quadro 4.2: Níveis de indicadores observáveis da atuação do aluno

Indicadores observáveis da atuação competente	
Nível	Características (observáveis da atuação discente).
Nível 1 Insuficiente	Não apresenta noções básicas sobre o conteúdo, portanto não apresenta indícios da atuação competente.
Nível 2 Inicial	Tem noções básicas sobre o assunto e algumas abordagens ao critério considerado. Requer suporte contínuo para poder apresentar indícios de atuação competente.
Nível 3 Básico	Tem alguns conceitos essenciais da competência trabalhada e pode resolver problemas simples.
Nível 4 Autônomo	Conhece seu processo formativo, tem critérios e consegue discutir os processos e resultados.
Nível 5 Inovador	Consegue fazer a análise das situações enfrentadas de maneira rápida. Apresenta criatividade e inovação.

Fonte: Costa (2018).

4.3 Explicitando o 4º ciclo didático da SD

Cada um dos ciclos didáticos da SD possui a mesma estrutura de etapas com o mesmo sequenciamento. Isso se faz relevante destacar para evitar redundâncias desnecessárias na descrição da aplicação. A seguir explicitam-se 3 elementos do **4º ciclo** aplicado, de modo que o leitor tenha uma ideia da estrutura aplicada na SD (**teste de leitura (TL), atividade mão na massa e questionário online**).

4.3.1 Quarto ciclo: máquinas simples

Conforme já destacado, cada etapa dos ciclos é sempre composta pelo teste de leitura, que os alunos recebiam logo após a explanação do conteúdo¹⁴. Com uma semana de antecedência, em seu aplicativo de celular, o aluno recebia a indicação do material referente ao questionário online, como também orientações necessárias às atividades e sugestões de videoaulas¹⁵.

Ciclo 4: as máquinas simples

O que se almeja com o ciclo 4?

- Reconhecer a importância das máquinas para a humanidade, nos dias de hoje.
- Conhecer as diferentes configurações de alavancas, que podem ser utilizadas em várias situações.
- Identificar como a variação dos braços de uma alavanca pode permitir ganho de força, facilitando a realização de uma tarefa.
- Compreender que quanto maior for o braço de uma alavanca, maior será o ganho de força. Compreender como equilibrar objetos de massas diferentes utilizando uma balança de braços iguais.
- Compreender a relação entre a distância do objeto que se deseja pesar e o ponto de apoio da balança, para que se consiga o equilíbrio entre seus braços.
- Identificar as alavancas presentes em diferentes aparelhos e ferramentas utilizados diariamente. Identificar as partes que compõem as alavancas.
- Compreender que usando rodas ou cilindro é possível reduzir a força necessária para arrastar um objeto.
- Comparar as diferentes formas de associar as polias, identificando as vantagens do cadernal.

¹⁴ As lâminas das aulas teóricas serão exibidas no material instrucional do professor, que faz parte do Produto Educacional relativo às exigências do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

¹⁵ Entre vários endereços eletrônicos enviados via WhatsApp para os alunos pode-se citar: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/equilibriumforces_pt.htm (acessado em mar. 2019). Tal aplicativo é útil para analisar equilíbrio entre três forças aplicadas em um corpo.

Competência específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2002).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos (BRASIL, 2002).

Testes de Leitura Ciclo 4 (TLC4)¹⁶

¹⁶ Diferentemente dos ciclos anteriores, que apresentam apenas um TL, o ciclo 4 apresentou dois TLs, o que é justificado para que o leitor perceba as diversas aplicações das alavancas.

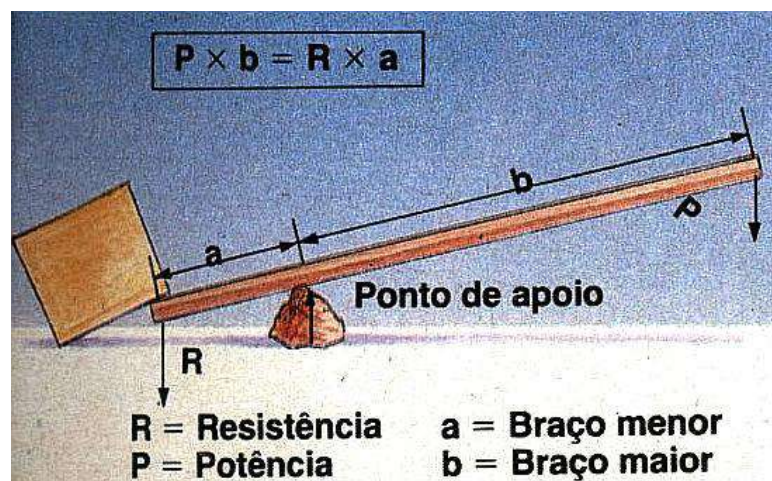
TESTE DE LEITURA 4.1

Arquimedes e uma alavanca para a Terra¹⁷

É famosa a história, contada pelo escritor grego Plutarco, de que Arquimedes, após descobrir o Princípio da Alavancagem, afirmara: “Deem-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu levantarei o mundo”. Mas teria de fato Arquimedes conseguido erguer a Terra?

Foi, na verdade, o escritor russo Yakov Perelman, autor de várias obras de curiosidades científicas, quem fez a provocadora pergunta no seu livro Física Recreativa. É claro que Arquimedes usou de uma força de expressão para enaltecer o princípio da alavanca, e não se vangloriar de sua força física. Todas as alavancas seguem o mesmo princípio: com uma força P aplicada no braço maior (b) é possível equilibrar uma força maior, R , que esteja na ponta do braço menor (a), já que o produto $P.b$ é igual ao produto $R.a$. Veja-se a figura 4.2.2 (1), a seguir.

Figura 4.2.2 (1). Alavanca de Arquimedes



Fonte: <http://eteviprimeirod.blogspot.com> (2009)

A proposta de Arquimedes segue o mesmo princípio. Mas vejam-se os valores: sabe-se hoje que um corpo com a mesma massa da Terra, se pudesse ser pesado na superfície do nosso planeta, pesaria seis sextilhões (6.10^{21}) de toneladas. Supondo-se que o sábio de Siracusa fosse capaz de levantar diretamente do solo um peso de 60 quilos, ele iria necessitar de uma imensa alavanca (indeformável)

¹⁷ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física para o Ensino Médio”, Mecânica volume 1, de autoria Yamamoto e Fuke (2016).

cujo braço fosse 10^{23} vezes maior que o menor, ou seja, 100 000 000 000 000 000 000 000 vezes o braço menor.

Apoiando essa alavanca na Lua, que está a cerca de 400 mil ($4 \cdot 10^5$) quilômetros da Terra, Arquimedes teria que ficar na astronômica distância de $4 \cdot 10^{28}$ quilômetros, a partir da Lua ($4 \cdot 10^5 \cdot 10^{23}$), o que é quase 280 mil vezes mais distante que a galáxia mais remota. Mesmo supondo tudo isso possível, seria interessante notar o deslocamento que Arquimedes teria que dar na extremidade mais longa para que o braço menor levantasse o nosso planeta 1 centímetro apenas: cerca de 1 quintilhão (10^{18}) de quilômetros. Esses cálculos não levam em conta os pesos da alavanca. É claro: se é verdade que o sábio fez tal declaração, ele se destinava a realçar seu entusiasmo pelo o princípio da alavanca, e não para ser tomado ao pé da letra.

Veja-se então o raciocínio de Perelman: “Se supusermos que Arquimedes podia levantar um peso de 60 quilos a 1 metro de altura em 1 segundo - o que é próximo da capacidade um cavalo-vapor -, para ‘levantar a Terra’ um único centímetro, ele levaria algo por volta de 32 trilhões de anos”. Esses simples cálculos mostram os valores reais a que podem chegar algumas declarações, se forem interpretadas literalmente.

Organizando as ideias do texto

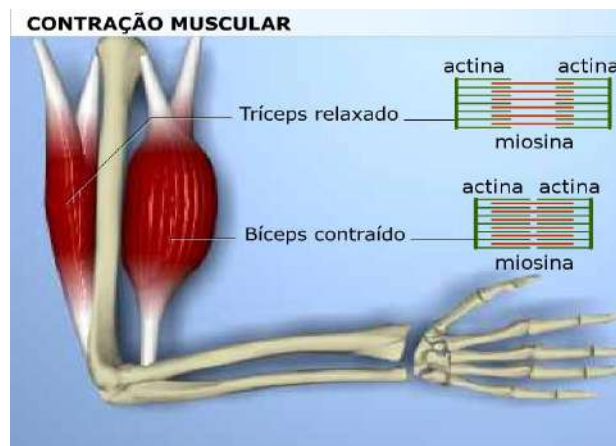
1. Você entendeu o raciocínio do professor Barco? O que quer dizer quando supõe que Arquimedes “fosse capaz de levantar diretamente do solo um peso de 60 kg”?
2. Monte um esquema que represente a alavanca imaginária de Arquimedes. Esse esquema deve representar (ou mencionar) a Terra, a Lua e o próprio Arquimedes.
3. Finalmente, mostre que, levando-se em conta todas as simplificações sugeridas, é possível erguer a Terra nessas condições.
4. Reproduza no caderno o cálculo e as premissas necessárias para obter o espantoso deslocamento 10^{18} km na extremidade mais longa da alavanca.

TESTE DE LEITURA 4.2

Força e contração muscular¹⁸

As **contrações musculares** podem ser divididas em: **contração** concêntrica - é o tipo de **contração muscular** no qual os músculos encurtam durante a geração de **força**; **contração** excêntrica - ocorre quando o músculo alonga enquanto está sob tensão devido a uma **força** externa maior que a **força** gerada pelo músculo. Veja a (figura 4.2.2 (2).)

Figura 4.2.2 (2). Contração muscular



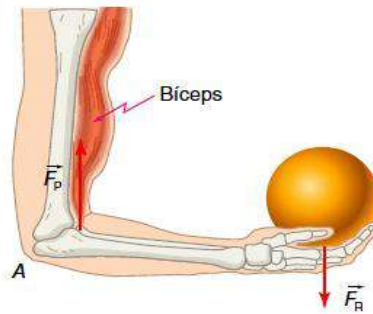
Fonte: cienciadotreinamento.com.br (s/d)

Pense e responda:

O antebraço funciona como uma alavanca, a força potente é a força proporcionada pela contração dos bíceps, enquanto a força resistente (supondo desprezível o peso do próprio antebraço) é aquela exercida sobre o objeto apoiado sobre a mão. Observe a posição do ponto fixo e das forças potentes e resistentes na figura abaixo. Suponha que o bíceps se liga ao osso do antebraço a uma distância de 4 cm do ponto fixo e que a distância desse objeto sobre a mão seja de 32 cm. Considere que o peso do objeto da figura 4.2.2 (3) seja 50 N.

¹⁸ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Contexto & Aplicações”, Mecânica volume 1, de autoria Da luz e Álvres (2014).

Figura 4.2.2 (3). Alavanca do antebraço



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

1. Classifique o tipo de alavanca representada pelo antebraço.
2. Qual o valor da força (força resistente) que o objeto exerce sobre a mão?
3. Qual o valor da força (força potente) que o bíceps exerce para sustentar o conjunto antebraço-objeto?

Questionário online

1. Identifique, nas alavancas das figuras 4.2.2 (4, 5, 6 e 7), a localização do ponto fixo da potência e da resistência e o tipo de alavanca que cada uma constitui.

a) quebra-nozes

Figura 4.2.2 (4)



Fonte: depositphotos.com/1128187 (s/d)

b) tesoura

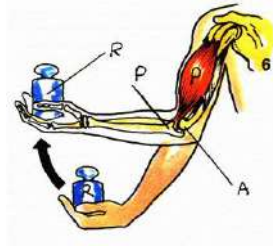
Figura 4.2.2 (5)



Fonte: depositphotos.com/163817400 (s/d)

c) braço com peso

Figura 4.2.2 (6)



Fonte: cienciadotreinamento.com.br (2015)

d) alicate de unha

Figura 4.2.2 (7)

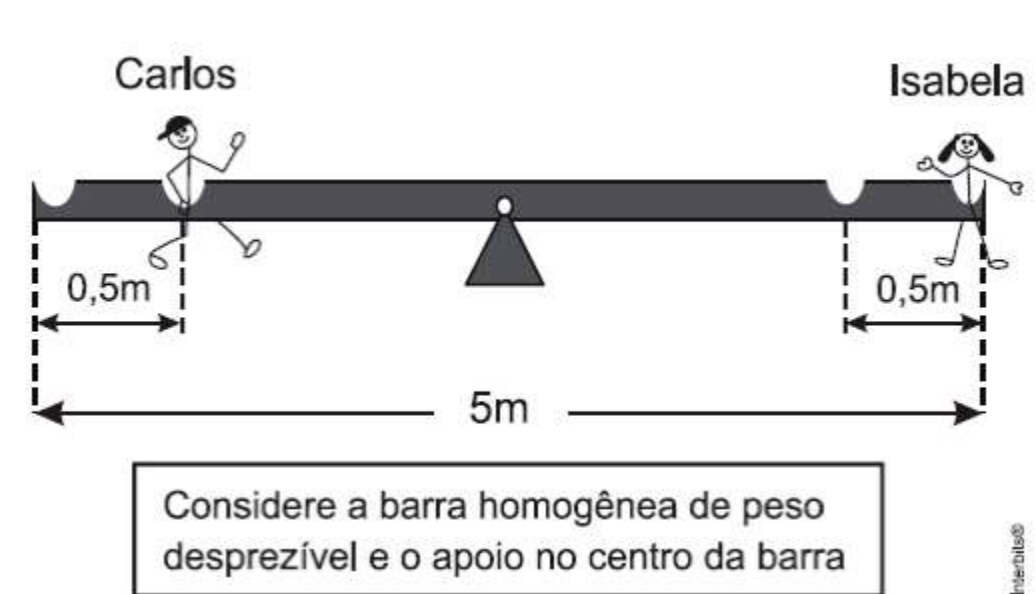


Fonte: br.freepik.com (s/d)

Questão motivadora

2. (G1 - ifsp 2013) Em um parque de diversão, Carlos e Isabela brincam em uma gangorra que dispõe de dois lugares possíveis de se sentar nas suas extremidades. As distâncias relativas ao ponto de apoio (eixo) estão representadas conforme a figura 4.2.2 (8), a seguir.

Figura 4.2.2 (8). Barra homogênea



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

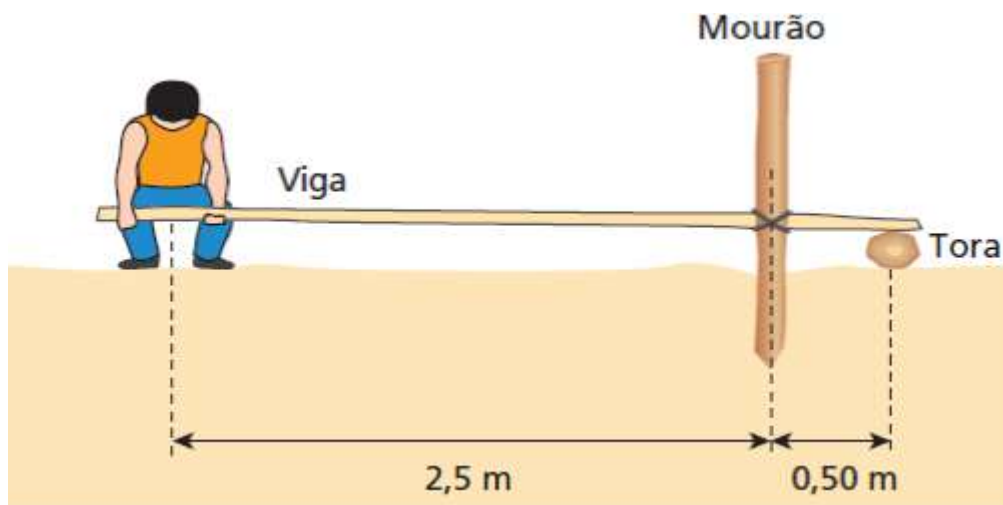
Sabendo-se que Carlos tem 70 kg de massa e que a barra deve permanecer em equilíbrio horizontal, assinale a alternativa correta que indica respectivamente o tipo de alavanca da gangorra e a massa de Isabela comparada com a de Carlos.

- a) Interfixa e maior que 70 kg.
- b) Inter-resistente e menor que 70 kg.
- c) Interpotente e igual a 70 kg.
- d) Inter-resistente e igual a 70 kg.
- e) Interfixa e menor que 70 kg.

Desafio

3. Suponha que, para arrancar um mourão fincado no chão, um homem, puxando-o diretamente com as mãos, tivesse de exercer nele uma força de intensidade 1 800 N, no mínimo.

Figura 4.2.2 (9). Mourão



Fonte: Helou, Gualter e Newton. Tópicos de Física (2010)

Usando uma viga amarrada no mourão e apoiada em uma tora, como sugere a figura, determine a mínima intensidade da força que o homem precisa exercer na viga para arrancar o mourão. Para simplificar, desconsidere o peso da viga e suponha que a força total exercida nela pelo homem esteja aplicada no ponto médio entre suas mãos.

Pergunta instigante

4. No ato de extrair um prego de uma superfície plana com um martelo, qual o tipo de alavanca o martelo apresenta?

Figura 4.2.2 (10). Martelo

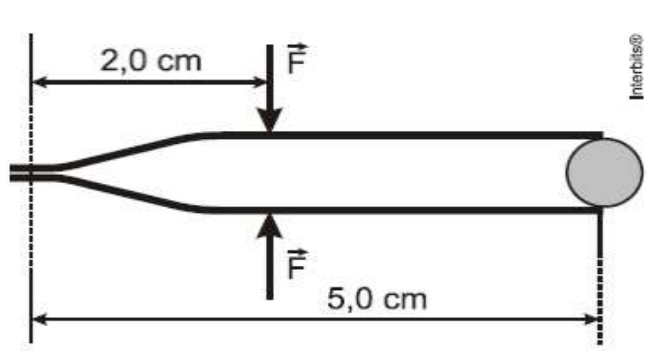


Fonte: pt.dreamstime.com (s/d)

Atividade individual

5. (Acafe 2012) Um instrumento utilizado com frequência no ambiente ambulatorial é uma pinça. Considere a situação em que se aplica simultaneamente uma força F de módulo 10N como se indica na (figura 4.2.2 (11)).

Figura 4.2.2 (11) Pinça



Fonte: nsaulasparticulares.com.br (2014)

O módulo da força, em newtons, que cada braço exerce sobre o objeto colocado entre eles é: a) 15 b) 8 c) 10 d) 4

Mão na massa do Ciclo 4 (MMC2)

Roldanas

Figura 4.2.2 (12) Roldanas

Materiais:

- 03 massas aferidas 50g com gancho;
- 01 tripé tipo estrela com manípulo;
- 01 fixador de plástico com duas roldanas fixas;
- 01 carretel de linha;
- 01 roldana simples móvel;
- 01 roldana simples fixa;
- 01 haste fêmea 405mm;
- 01 haste macho 405mm;
- 05 ganchos de ferro tipo “S”.



Fonte: Azeheb (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

- Perceber experimentalmente que a vantagem mecânica (quociente entre a força resistente e a força motora F_{RE}/F_m) em um sistema de roldanas é igual ao número de cordas que sustentam a carga móvel e que para obter uma maior vantagem é sempre uma troca; no caso das roldanas, uma troca entre força e distância.
- Observar que se a força necessária para içar um objeto for cortada pela metade, por consequência será necessário puxar o dobro da quantidade de corda para elevar o objeto à altura desejada.

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto. Colocar duas massas de **50g** na roldana móvel;

02. Determinar o peso das massas (duas massas de **100g** roldana móvel).

F_{RE} = _____ **N (Força resistente)**

03. Anotar o valor da força motora.

F_m = _____ **N (Força motora)**

04. Os valores de F_{RE} e F_m foram iguais?

05. Calcular a vantagem mecânica da roldana móvel.

$V_m = F_{RE}/F_m$ = _____

06. Fazer um comentário para aplicação prática da roldana móvel.

Com a finalização das atividades referentes ao primeiro momento (Desenvolvimento dos CDDCHs), as atividades se voltaram ao desenvolvimento do projeto integrador, caracterizado por segundo momento.

4.4 Segundo momento: desenvolvimento do projeto integrador PI

A partir dessa etapa, o autor vem mostrar ao leitor o desafio proposto aos alunos de construir (com palitos de picolé e base de concreto) um modelo físico de uma grua treliçada e, concomitante a isso, um modelo matemático-computacional da mesma estrutura, conforme preconizado pela metodologia denominada modelagem bifocal. Essa etapa é planejada para oportunizar aos alunos o desenvolvimento do mais elevado grau de desenvolvimento cognitivo proposto pela taxonomia de Bloom (**criar**).

Após o detalhamento dos materiais e do formato da estrutura já selecionada, foram desenvolvidas plásticas de construção da estrutura no programa Ftool 4.0, e realizados levantamentos das medidas dos palitos e as possíveis forças que seriam estimuladas após a finalização da grua.

Figura 4.4. Representação do esquema de atuação do aluno no projeto integrador



Fonte: Adaptado de COSTA (2018).

Utilizando essa abordagem, os alunos projetam e desenvolvem seu próprio experimento a partir da coleta de dados. Ao mesmo tempo, projetam e desenvolvem um modelo virtual do mesmo fenômeno. O objetivo principal é construir um modelo virtual cujo comportamento corresponda aos dados físicos coletados e que assim possam comparar o comportamento do modelo virtual e do modelo físico em tempo real (ver figura 4.3).

Na fase inicial do projeto, foi firmada uma parceria com vistas à aplicabilidade de conteúdos afins entre as disciplinas de Física e Estabilidade das Construções, disciplina técnica pertencente ao curso de Edificações. Os alunos tinham aulas independentes das duas disciplinas, trabalhadas de maneira interdisciplinar. Os conteúdos estavam diretamente relacionados à aplicabilidade da construção do desafio proposto e paralelamente a isso eram ministradas aulas do software **Ftool 4.0**, que é um programa que se destina ao ensino do comportamento estrutural de pórticos planos. Seu objetivo básico é motivar o aluno a aprender o comportamento estrutural. Os alunos também tiveram que fazer o dimensionamento matemático das forças atuantes na estrutura. A parceria firmada entre professores, coordenação do curso e direção ajudou tanto na integração quanto na consolidação da atividade.

Nas fases posteriores do projeto, foram introduzidas as disciplinas de Matemática e Tecnologia do Concreto e Argamassa, ambas agregadas com finalidade de ampliar e enriquecer as informações para atingir os objetivos postos quanto à estrutura desejada. Importante destacar a associação referente ao campo investigação e inovação (ver quadro 2.3) proposto por Bender, em que o grupo teve acesso a questões adicionais dentro do campo do projeto.

O projeto integrador que dispunha de equipes de trabalho (alunos) foi dividido nas seguintes etapas:

Montagem e Execução - associado aos campos trabalho em equipe cooperativo e feedback e revisão (ver quadro 2.3), objetivava desenvolver, executar o tema do projeto e avaliação da equipe;

Ensaio - associado ao campo oportunidades e reflexão (ver quadro 2.3), com finalidade de realizar conclusões a partir dos resultados apresentados;

Apresentação - associado ao campo resultados apresentados publicamente (ver quadro 2.3), destinado à realização da apresentação do projeto concluído.

Nas etapas apresentadas consolidam-se as características essenciais da ABP propostas por Bender e seus resultados esperados.

4.4 Apresentação do desafio e orientação aos alunos

O PI foi aplicado no primeiro semestre letivo do 2º ano do ensino médio integrado do Curso Técnico em Edificações. A atividade foi desenvolvida em um total de dezesseis encontros¹⁹.

A aplicação se deu pelo próprio autor deste trabalho e contou com o apoio dos professores das disciplinas de Matemática, Estabilidade das Construções e Tecnologia do Concreto e Argamassa, que auxiliaram na construção e aplicação de ferramentas e conhecimentos necessários ao desenvolvimento do projeto.

Na aula de apresentação da SD foi avisado aos alunos que durante o desenvolvimento da mesma haveria a preocupação e aplicação de conhecimentos necessários ao desenvolvimento do PI, e que este representava também uma nova metodologia de ensino-aprendizagem. Com esse intuito, foi dito que eles receberiam, uma vez por semana: material impresso contendo as orientações do dia, compostas de material instrucional para estudarem na aula, teste de leitura, um formulário de respostas *online*, que deveria ser respondido até a véspera da aula seguinte. Foram informados também de que os questionários *online* seriam disponibilizados em grupos sociais do *WhatsApp*²⁰, assim como de maneira física (impressos em papel), caso houvesse necessidade.

Foi explicado que as atividades em sala de aula se iniciam com o professor, sempre de maneira dialogada, com exposição do conteúdo do dia de maneira clara e objetiva. Posteriormente eram respondidas as perguntas e lacunas expressas nos testes de leitura. Em seguida o aluno era desafiado a formar grupos para aplicar os

¹⁹ Não estão contabilizadas nesse total 3 horas-aula destinadas ao software FTOOL, ministradas pelo professor Odílson Paiva da disciplina de Estabilidade das Construções, com o intuito de fornecer informações sobre o software FTOOL.

²⁰ Para que os alunos recebessem em seus *smartphones* o questionário *online*, seria necessário o preenchimento adequado de uma ficha de contato.

conhecimentos físicos na resolução da atividade denominada de mão na massa. Foi explicado, por fim, que a atuação do aluno nessa atividade se dá em grupos compostos de no máximo quatro e no mínimo dois alunos.

Após a **atividade mão na massa** é feita uma **síntese dialogada** das duas etapas antecedentes, para, em seguida, os alunos serem desafiados a responder individualmente algumas questões em uma **atividade individual**²¹. Conforme já explicado no capítulo anterior deste trabalho, essas atividades fazem parte dos ciclos de desenvolvimento didático de competências (CDDCHs).

Após quatro semanas de desenvolvimentos desses ciclos, os alunos, em grupos, passaram para a segunda parte do PI, ou seja, o desafio de construir uma grua de palitos de picolé. Pode-se sem sombra de dúvida destacar que o desafio proposto no projeto integrador (PI) é o ápice dessa metodologia de ensino e da sequência didática como um todo.

Em síntese, o PI pode ser entendido por meio da figura 4.5, visto que nela demonstra-se de maneira clara e simples a cronologia do projeto, assim como seus elementos norteadores, que serão esclarecidos posteriormente.

Figura 4.5. Ilustração dos elementos norteadores do projeto integrador (PI)



Fonte: Autor.

²¹ No contexto desta seção, o uso do negrito serve para destacar as etapas dos CDDCHs.

Pontuou-se aos alunos que as atividades obedecem a um alinhamento planejado e coerente, e que o sucesso no alcance dos objetivos de aprendizagem depende de maneira decisiva do empenho individual. Foi pontuado também aos alunos que a participação de cada aluno no PI seria avaliada de forma a somar pontos em cálculo de média aritmética para o segundo bimestre letivo.

Importante ressaltar que na primeira aula de início dos trabalhos do PI foi apresentada aos alunos uma tabela de previsão do dimensionamento do PI (tabela 4.4), na qual suas etapas estavam dispostas de maneira clara e objetiva.

Quadro 4.4: Dimensionamento no tempo da aplicação

Semana	Atividade proposta	Orientador(es)
1 ^a	Encontro entre professor orientador do projeto e professor colaborador (planejamento das aulas, conteúdos e materiais auxiliares, como também a ideia do desafio aos alunos);	Rosevaldo e Odilson
2 ^a	Análise de modelos de protótipos e lista de materiais para a construção (palitos, roldanas, cabos etc.);	Rosevaldo e Odilson
3 ^a	Reunião do projeto integrador (grua), com alunos e professor responsável;	Rosevaldo
4 ^a	Construção de modelos de treliças para posterior divisão de equipes;	Rosevaldo
5 ^a	Reunião do projeto integrador (grua), com alunos, professores envolvidos e coordenação do curso (colocação das responsabilidades do projeto, como também os benefícios que ele iria proporcionar);	Rosevaldo, Odilson, Sérgio e Marcelo (coordenador do curso)
6 ^a	Aula sobre como construir as treliças e divisão de grupos e tarefas;	Rosevaldo
7 ^a	Montagem das primeiras partes da estrutura da lança, medição das dimensões do palito (comprimento, largura e espessura) com o uso do paquímetro e medição da sua massa;	Rosevaldo
8 ^a	Montagem de partes laterais da lança e união das estruturas, explicação da estrutura e da base e peças para a compra;	Rosevaldo
9 ^a	Montagem da torre da grua e rolamentos das tábuas de união;	Rosevaldo
10 ^a	Fixação dos tirantes da torre na lança da grua e montagem das caixas de apoio da torre;	Rosevaldo
11 ^a	Cálculos do concreto e posterior concretagem da torre na base de apoio;	Rosevaldo, Sérgio e Alison

12 ^a	União das partes da grua (lança e torre), com ajuste do cabo tensor nas roldanas e eixo trator;	Rosevaldo
13 ^a	Ensaio da apresentação do projeto;	Rosevaldo
14 ^a	Apresentação do projeto no laboratório de Física do câmpus.	Toda a equipe do projeto

Fonte: Autor.

4.5 Regulamento para construção do modelo físico proposto no PI

Para estruturar e dimensionar uma máquina de elevação tipo grua, se faz necessário o uso de algumas normas brasileiras (NBRs) aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Como exemplo, toma-se a NBR 8400/1984 que descreve a utilização e a capacidade de carga do projeto. A escolha do projeto grua se deu pelo baixo custo dos materiais, associado à percepção da possível integração de competências e habilidades pertinentes às disciplinas envolvidas. O regulamento do projeto foi decidido em reunião entre professores envolvidos e coordenação do curso, sendo apresentado aos alunos pelo professor orientador e autor deste trabalho.

Os parâmetros e critérios iniciais abordados para montagem e a sequência das ações foram:

- A decisão das primeiras diretrizes para início de projeto, como por exemplo, a carga a ser suspensa (3 kg), altura de elevação da carga (50 cm) e possível rotação da carga (360 graus);
- Decisão de dimensionamento da base e da torre treliçada;
- Escolha do material, custo e locação desses equipamentos;
- Produção do protótipo e início do acabamento;
- Automação da grua com uso;
- Apresentação do projeto.

4.6 Desafios na concepção de um projeto integrador

“Pesquisas mostraram que o rendimento dos alunos aumenta com a aprendizagem baseada em projetos” (BENDER, 2014, p. 34)

O quadro 4.6 mostra alguns resultados positivos da pesquisa sobre aprendizagem baseada em projetos. [a secção fala que vai apresentar desafios, mas começa com uma frase fora de lugar e em seguida apresenta uma tabela com resultados positivos...]

Quadro 4.6: Pesquisa sobre aprendizagem baseada em projetos

1. A ABP cumpre uma meta frequentemente declarada por educadores ao enfatizar a compreensão mais aprofundada dos conteúdos. As pesquisas têm mostrado que a ABP resulta em níveis mais elevados de processamento conceitual, compreensão mais elevada de princípios, reflexão mais aprofundada e maior pensamento crítico (BOALER, 2002; BRANSFORD *et al.*, 2000; GRANT, 2002; MARZANO, 2007; MARZANO; PICKERING; POLLOCK, 2001; STROBEL; VAN BARNEVELD, 2008; THOMAS, 2000).
2. A ABP resulta em maior retenção de informações, já que os alunos estão processando informações de maneira muito diferente daquela envolvida na aprendizagem mecânica (BARELL, 2007; GEIER *et al.*, 2008; MARZANO; PICKERING; POLLOCK, 2001).
3. A ABP resulta em maior uso de estratégias eficazes de resolução de problemas e tem demonstrado ser eficaz em uma ampla variedade de disciplinas essenciais, incluindo Matemática, Ciência, Economia e História (STEPIEN; GALLAGHER; WORKMAN, 1992; STROBEL; VAN BARNEVELD, 2008; WALKER; LEARY, 2008).
4. A ABP estimula os tipos de habilidades de resolução de problemas e aprofunda as habilidades conceituais que são exigidas no moderno ambiente de trabalho do século XXI (BARELL, 2007; FLEISCHNER; MANHEIMER, 1997; GRANT, 2002; PARTNERSHIP FOR 21st CENTURY SKILLS, 2007, 2009; STROBEL; VAN BARNEVELD, 2008; THOMAS, 2000).
5. A ABP envolve, geralmente, a ampla utilização de tecnologia de ensino pelos estudantes e, portanto, estimula a perícia no emprego dos tipos de tecnologia usados no século XXI (COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT, 1992a, 1992b; HICKEY *et al.*, 1994).
6. A ABP é particularmente eficaz com os alunos de baixo rendimento escolar, tornando-se uma opção excelente para o ensino diferenciado de alunos com dificuldades (GEIER *et al.*, 2008; MERGENDOLLER; MAXWELL; BELLISIMO, 2007).

Fonte: Bender (2014, p. 34).

Projetos interdisciplinares importantes são os que estão próximos da vida e do entorno dos estudantes, que partem de necessidades concretas e expressam uma

dimensão importante da aprendizagem atual, que é a aprendizagem-serviço conforme exposto por Moran (2018): “Estudantes e professores, em contato com diferentes grupos e problemas reais, aprendendo com eles e contribuindo com soluções concretas para a comunidade” (MORAN, 2018, p. 18).

4.7 Desenvolvimento do projeto integrador

Segundo a proposta de Bender, a ABP pode ser implementada tanto em iniciativas que envolvam diversos professores como naquelas de caráter individual e, portanto, disciplinar. O quadro 4.7 mostra fases do projeto, assim como a metodologia aplicada a cada fase.

Quadro 4.7: Desenvolvimento do Projeto

Planejar e introduzir o projeto		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Apresentar a ideia-âncora à turma; (definida no quadro 2.3);	Foram utilizadas pequenas narrativas e trechos de vídeos para apresentar a ideia-âncora;	Desenvolver a questão motriz com os alunos;
Apresentar a questão motriz; (definida no quadro 2.3).	O projeto foi exposto de maneira dialogada envolvendo a turma toda.	Os alunos foram motivados e orientados de forma determinada, com informações específicas necessárias para o desenvolvimento do projeto.
Planejar o projeto em equipes		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Dividir a turma em grupos;	Foram formados dois grupos tendo-se como critério a afinidade;	Os grupos foram orientados a trabalhar de maneira eficaz, pois a atividade necessitava de bastante empenho por parte deles;

Estabelecer parâmetros e metas gerais a serem seguidos pelos grupos;	Foi elaborado um cronograma, assim como rubricas de avaliação para análise dos resultados do projeto;	Foi informado aos alunos o objetivo a ser alcançado, assim como o tempo disponível para a sua execução, de forma que os alunos concentrassem seus esforços de maneira produtiva;
Encorajar e orientar os grupos no estabelecimento de metas específicas e linhas de tempo baseado nas metas gerais estabelecidas.	Ocorreram orientações verbais, assim como via grupo social (<i>WhatsApp</i>), objetivando que desenvolvessem melhor seus planejamentos.	O desenvolvimento dos planejamentos em grupo favoreceu a adequada utilização do tempo disponível à realização do projeto. No contexto da ABP isso é fundamental, pois “os alunos dirigem uma quantidade muito maior de seu tempo de ensino do que nas aulas tradicionais” (BENDER, 2014, p. 108).
Avaliar o projeto e os alunos		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Promover uma avaliação formativa.	Foram produzidas rubricas de avaliação das atividades realizadas, bem como fichas avaliativas para serem usadas na apresentação oral à banca avaliadora.	As rubricas foram compartilhadas com os alunos à medida que as tarefas de ABP iam sendo realizadas.

Fonte: Adaptado de Pasqualetto (2018).

4.7.1 Elementos norteadores e avaliativos do PI

Durante o desenvolvimento do PI, foram introduzidas ferramentas metodológicas e avaliativas, que nortearam as ações de todas as atividades do projeto. Algumas delas foram primordiais para a coleta de dados. São elas: (diário de bordo, *WhatsApp* pedagógico, ficha avaliativa de apresentação e relatório). Todas elas foram desenvolvidas com muito engajamento por parte dos alunos.

- No diário de bordo, o professor orientador do projeto manteve o registro das atividades desenvolvidas ao longo do processo de orientação do PI dos

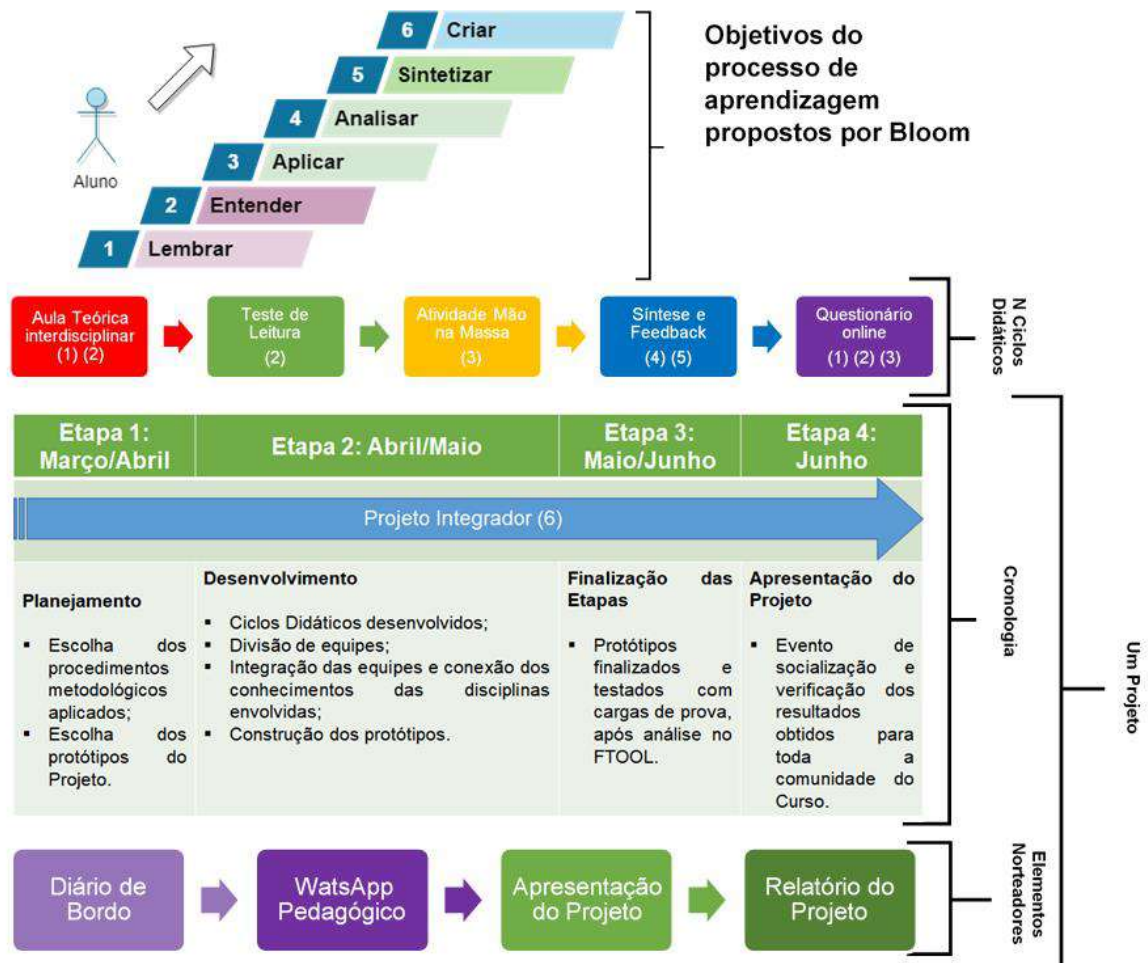
estudantes, desde o momento de discussão de temas, passando pelos momentos de reuniões, avaliações e apresentação do projeto.

- Foi utilizado também como elemento mediador de avaliação o *WhatsApp* pedagógico em grupo específico para o PI. A troca de informações entre alunos e professor orientador favoreceu significativamente o esclarecimento de dúvidas sobre etapas do processo. Segundo Costa (2018), o professor deve aproveitar as potencialidades do celular como um importante recurso pedagógico, tendo em vista que essa tecnologia móvel está presente na vida de todos os educandos.
- Ficha avaliativa de apresentação do PI que serviu para a banca avaliadora, composta por professores da área técnica e da área comum, fazer análise das regras de desenvolvimento da atividade, materiais obrigatórios e apresentação do trabalho oral.
- Relatório foi analisado de forma a conter: justificativa, objetivos, materiais e métodos, cálculos da estrutura, resultados e discursões como também as conclusões.

4.8 Integração das atividades do projeto

A figura 4.8 ilustra como cada etapa proposta na sequência didática se relaciona e busca alcançar níveis distintos e identificáveis da taxonomia de Bloom (FERRAZ, 2010). A figura ilustra também o conjunto articulado com CDDCHs e PI.

Figura 4.8. Elementos dos CDDCHs e PI, correlacionados com os níveis cognitivos propostos por Bloom.



Fonte: Autor.

Cada etapa da sequência é expressa por sua nomenclatura e por cores e números que indicam o nível de domínio cognitivo almejado para o trabalho com os alunos na etapa em questão. Na mesma figura, nas setas horizontais encadeadas à direita, os números entre parênteses indicam o nível cognitivo a ser alcançado na respectiva etapa. Por exemplo: o teste de leitura trabalha com o primeiro nível cognitivo de Bloom (conforme já explicado no texto); a atividade mão na massa pleiteia atingir os níveis 4 e 5, e o projeto integrador, sendo a atividade de maior complexidade, intenciona alcançar o mais alto nível da escala (nível 6), quando todas as etapas da atividade são cumpridas a contento.

CAPÍTULO 5

Análise dos Resultados

Neste capítulo, realiza-se uma análise sobre a aplicação do Produto Educacional, de maneira a expor os resultados obtidos durante sua aplicação. Essa análise está dividida em 5 etapas: relatórios automáticos dos questionários *online*; análise das rubricas de avaliação componente da SD; análise do evento de socialização do PI; análise da atuação dos alunos no PI; análise final do projeto.

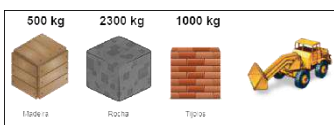
Em seguida realiza-se uma síntese e *feedback* avaliando a consistência do produto em sua totalidade.

5.1 Relatórios automáticos dos questionários *online*

Os gráficos relacionados vêm corroborar as impressões captadas após a aplicação do Questionário *online* que os alunos respondiam após envio em dia posterior à aplicação dos Ciclos Didáticos, Conforme expresso ao final do capítulo 3, a SD foi aplicada em uma turma do 2º ano do Ensino Médio Integrado do Curso Técnico em Edificações, a qual consta com 27 alunos. Destes, apenas 3 alunos não responderam as atividades do questionário online, o que contribuiu significativamente para uma maior credibilidade nos resultados.

O quadro 5.1(1) mostra as principais questões analisadas (**motivadora, desafio e instigante**) do questionário online (CDDCH 1) sobre as Leis de Newton para que o leitor tenha uma ideia de como procedeu a análise dos dados no grafico 5.1 (1).

Quadro 5.1 (1): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online
Leis de Newton (CDDCH 1)

Questionário online sobre Leis de Newton			
Perguntas	Motivadora	Desafio	Instigante
	Já tiveram que empurrar um carro avariado? Certamente já se interrogaram porque motivo têm que fazer imensa força nos primeiros momentos, mas mal o carro começa a andar a tarefa fica bastante mais fácil? Por quê será que pôr o carro em movimento custa tanto? O peso do carro é o mesmo, que esteja parado ou movimento, e ninguém está a fazer força no sentido contrário.... Logo, o que o faz parecer "mais pesado" naquele momento inicial? O Princípio da Inércia, ou Primeira Lei de Newton, diz que "um objeto tende sempre a manter o seu estado de movimento, este podendo também ser o de repouso, se não houver a ação de forças externas". Como fazer um experimento físico que demonstre isso?	Figura Ilustração do experimento  Fonte: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo Como mover o papel debaixo da moeda da figura 1.3 sem tocar nela, fazendo com que esta permaneça no mesmo lugar? Sua resposta é válida para qualquer velocidade? Descreva utilizando os termos da física em que objetos você observou mudança no estado de movimento? Faça suas considerações.	Materiais de construção diferentes A B e C repousam sobre o piso do canteiro de obra e devem ser deslocados por unidades escavo-empurradoras (figura 1.4). Ordene em ordem decrescente quanto ao valor da resistência que eles oferecem ao movimento. Explique seu ordenamento em termos físicos. Figura ilustrativa da questão.  Fonte: Costa (2018)

Fonte: Autor.

O gráfico 5.1(1) traz algumas informações a respeito da análise feita das principais questões (**motivadora, desafio e instigante**) dessa atividade aplicada no ciclo 1 da SD.

Gráfico 5.1(1). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 1



Fonte: Autor.

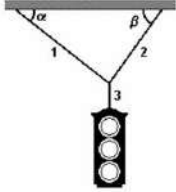
- ✓ Pontos a serem destacados no relatório:
 - Os alunos obtiveram maior índice de sucesso quando responderam às questões de cunho motivacional e desafiador.
 - A pergunta de cunho instigante sofreu uma baixa na avaliação. Isso contribuiu para o menor índice de acertos.
 - As respostas erradas apresentaram um pequeno índice na aplicação do ciclo para as questões avaliadas.

Considerando-se o desempenho dos alunos, procedeu-se a uma explanação sucinta dialogada acerca do conteúdo, a qual ocorreu de maneira satisfatória.

A análise do gráfico vem corroborar indícios de aprendizado significativo na aplicação do questionário.

O quadro 5.1(2) mostra as principais questões analisadas (**motivadora, desafio e instigante**) do questionário online (CDDCH 2) sobre as Equilíbrio de um ponto Material para que o leitor tenha uma ideia de como procedeu a análise dos dados no gráfico 5.1 (2).

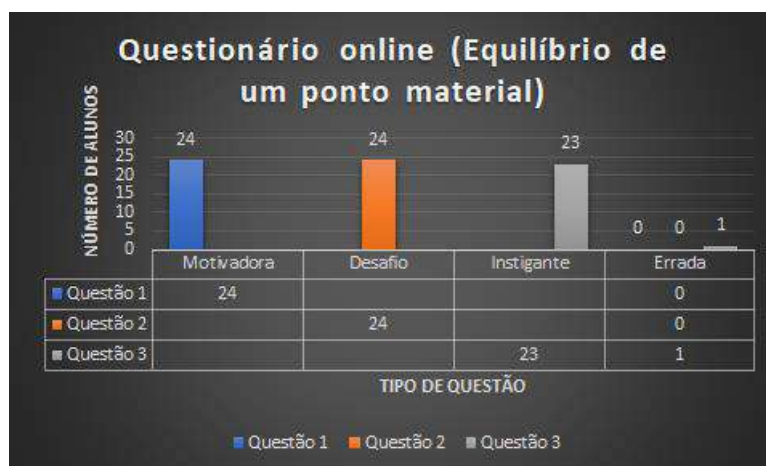
Quadro 5.1 (2): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Equilíbrio de um ponto Material (CDDCH 2)

Questionário online sobre Equilíbrio de um ponto Material			
Perguntas	Motivadora	Desafio	Instigante
	(Unesp 2003) Um semáforo pesando 200 N está pendurado por três cabos conforme ilustra a figura. Os cabos 1 e 2 fazem um ângulo α e β com a horizontal, respectivamente.  Fonte: Autor a) Em qual situação as tensões nos fios 1 e 2 serão iguais? b) Considerando o caso em que $\alpha = 30^\circ$ e $\beta = 60^\circ$, determine as tensões nos cabos 1, 2 e 3. Dados: $\sin 30^\circ = 1/2$ e $\sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$	(UFRJ - Adaptada) Os antigos romanos foram os primeiros a usar extensivamente o arco arquitetônico em suas construções. A propriedade mais notável do arco é que as pedras que o compõem permanecem em equilíbrio devido somente às forças mútuas de contato, sem necessidade de argamassa para cimentá-las umas às outras. Considere que o arco representado na figura abaixo está, desse modo, em equilíbrio e que cada uma de suas pedras pesa 200 N. Determine a direção e o sentido da resultante das forças que as pedras laterais D e E exercem sobre a pedra central C e calcule seu módulo e justifique sua resposta.  Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)	Explique por que a vara comprida é mais útil para um equilibrista se ela for curvada para baixo, conforme mostra a figura.  Fonte: blogs.oglobo.globo.com/ blog-do-acervo (s/d)

Fonte: Autor.

O gráfico 5.1(2) traz algumas informações a respeito das principais questões (**questão: motivadora, desafio e instigante**) dessa atividade aplicada no ciclo 2 da SD.

Gráfico 5.1(2). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 2



Fonte: Autor.

✓ Pontos a serem destacados no relatório:

- Os alunos obtiveram maior índice de sucesso quando responderam às questões de cunho motivacional e desafiador.
- A pergunta de cunho instigante apresentou aumento em seu índice de acertos, tornando-se quase equivalente às outras questões.
- As respostas erradas apresentaram um pequeno índice na aplicação do ciclo para as questões avaliadas.

Novamente considerando-se o desempenho dos alunos, procedeu-se a uma explanação sucinta dialogada acerca do conteúdo, o que ocorreu de maneira satisfatória.

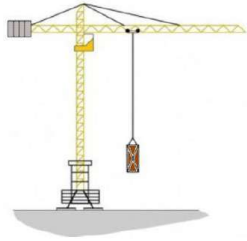
A análise do gráfico vem corroborar indícios de aprendizado significativo na aplicação do questionário.

O quadro 5.1(3) mostra as principais questões analisadas (**motivadora, desafio e instigante**) do questionário online (CDDCH 3) sobre as Momento de uma força em relação a um ponto para que o leitor tenha uma ideia de como procedeu a análise dos dados no gráfico 5.1 (3).

Quadro 5.1 (3): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Momento de uma força em relação a um ponto (CDDCH 3)

Questionário online sobre Momento de uma força em relação a um ponto			
Perguntas	Motivadora	Desafio	Instigante
	(FCM-PB) O guindaste (também chamado de grua e, nos navios, pau de carga) é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, assim como a ponte rolante a partir do princípio da física no qual uma ou mais máquinas simples criam vantagem mecânica para mover cargas além da capacidade humana. São comumente empregados nas indústrias, terminais portuários e aeroportuários, onde se exige grande mobilidade no manuseio de cargas e transporte de uma fonte primária à embarcação, trem ou elemento de transporte primário, ou mesmo avião, para uma fonte secundária, um veículo de transportes ou depósitos locais. Podem descarregar e carregar contêineres, organizar material pesado em grandes depósitos, movimentação de cargas pesadas na construção civil e as conhecidas pontes rolantes ou guindastes móveis muito utilizados	Imagine que você esteja empurrando com uma força tal que, se apenas levemente aumentada, o bloco começa a se Inclinar. Se existem binários calcule a magnitude de cada torque (TIPLER 6ª ed. Adaptada)  Fonte: osfundamentosda-fisica.blogspot.com (2012)	Por que os caminhoneiros acoplam um cano nas chaves de roda dos caminhões?  Fonte: Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016)

nas indústrias de laminação e motores pesados.



Fonte:

exercicios.mundoeducacao
.bol.uol.com.br/exercicios-
fisica (s/d)

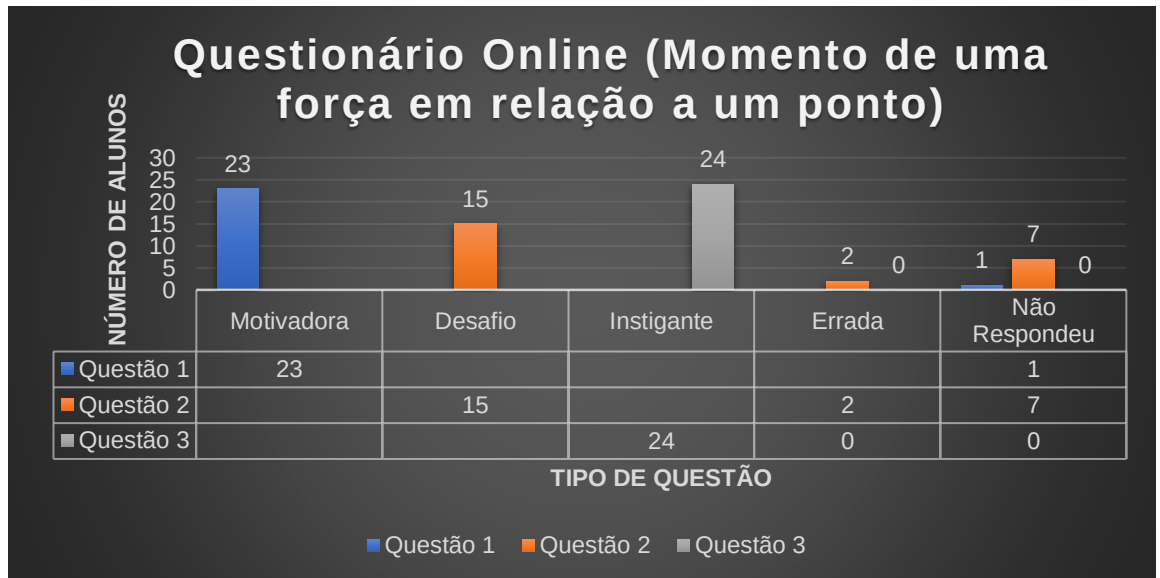
Um aluno, de posse de um simulador, projeta a Grua acima com as seguintes características: o braço maior da Grua tem comprimento de 16 metros, o braço menor, 4 m; o contrapeso na extremidade do braço menor tem uma massa equivalente a 0,5 toneladas, cujo centro de massa coincide com a extremidade do braço menor. A barra horizontal possui massa de 200 kg, uniformemente distribuída, e a barra vertical está rigidamente fixada. De acordo com o projeto acima descrito, qual o peso máximo que essa Grua poderá levantar sem tombar?

- a) 2000N
- b) 1500N
- c) 1000N
- d) 50N
- e) 500N

Fonte: Autor.

O gráfico 5.1(3), abaixo, traz algumas informações a respeito das principais questões (**questão: motivadora, desafio e instigante**) dessa atividade aplicada no ciclo 3 da SD.

Gráfico 5.1(3). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 3



Fonte: Autor.

✓ Pontos a serem destacados no relatório:

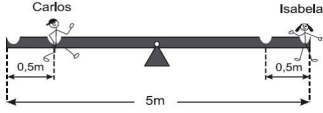
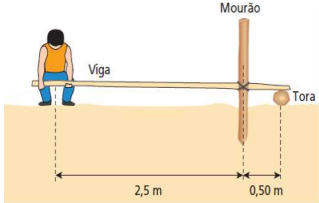
- Os alunos continuaram com bom índice de sucesso nas questões de cunho motivacional e desafiador.
- A pergunta de cunho instigante apresentou aumento em seu índice de acertos, tornando-se quase superior às outras questões.
- As respostas erradas apresentaram um pequeno índice na aplicação do ciclo para as questões avaliadas.
- Lamentavelmente 7 alunos deixaram de responder a uma das questões de análise, o desafio.

Outra vez considerando-se o desempenho dos alunos, procedeu-se a uma explanação sucinta dialogada acerca do conteúdo, o que ocorreu de maneira satisfatória.

A análise do gráfico vem corroborar indícios de aprendizado significativo na aplicação do questionário.

O quadro 5.1(4) mostra as principais questões analisadas (**motivadora, desafio e instigante**) do questionário online (CDDCH 4) sobre as Máquinas Simples para que o leitor tenha uma ideia de como procedeu a análise dos dados no gráfico 5.1 (4).

Quadro 5.1 (4): Perguntas analisadas pertencente ao Questionário online Máquinas Simples (CDDCH 4)

Questionário online sobre Máquinas simples			
Perguntas	Motivadora	Desafio	Instigante
	(G1 - ifsp 2013) Em um parque de diversão, Carlos e Isabela brincam em uma gangorra que dispõe de dois lugares possíveis de se sentar nas suas extremidades. As distâncias relativas ao ponto de apoio (eixo) estão representadas conforme a figura.  Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017) Sabendo-se que Carlos tem 70 kg de massa e que a barra deve permanecer em equilíbrio horizontal, assinale a alternativa correta que indica respectivamente o tipo de alavanca da gangorra e a massa de Isabela comparada com a de Carlos.	Suponha que, para arrancar um mourão fincado no chão, um homem, puxando-o diretamente com as mãos, tivesse de exercer nele uma força de intensidade 1 800 N, no mínimo.  Fonte: Helou, Gualter e Newton. Tópicos de Física (2010) Usando uma viga amarrada no mourão e apoiada em uma tora, como sugere a figura, determine a mínima intensidade da força que o homem precisa exercer na viga para arrancar o mourão. Para simplificar, desconsidere o peso da viga e suponha que a força total exercida nela pelo homem esteja aplicada no ponto médio entre suas mãos.	No ato de extrair um prego de uma superfície plana com um martelo, qual o tipo de alavanca o martelo apresenta?  Fonte: pt.dreamstime.com (s/d)

	a) Interfixa e maior que 70 kg. b) Inter-resistente e menor que 70 kg. c) Interpotente e igual a 70 kg. d) Inter-resistente e igual a 70 kg. e) Interfixa e menor que 70 kg.		

Fonte: Autor.

A gráfico 5.1(4), abaixo, traz algumas informações a respeito das principais questões (**questão: motivadora, desafio e instigante**) dessa atividade aplicada no ciclo 4 da SD.

Gráfico 5.1(4). Relatório automático do desempenho dos respondentes ciclo 4



Fonte: Autor.

- ✓ Pontos a serem destacados no relatório:
 - Os alunos obtiveram maior índice de sucesso quando responderam às questões de cunho motivacional e desafiador.
 - As respostas erradas apresentaram juntamente com as não respondidas equivalência em seus índices.
 - As respostas dos alunos demandaram certa sensibilidade do professor na interpretação do texto escrito.

Por fim também considerando-se o desempenho dos alunos, procedeu-se a uma explanação sucinta dialogada acerca do conteúdo, o que ocorreu de maneira satisfatória. A análise do gráfico vem corroborar indícios de aprendizado significativo na aplicação do questionário.

5.2 Análise das rubricas de avaliação componente dos CDDCH

De forma a mostrar o desempenho dos discentes nos CDDCHs, utilizamos como método avaliativo, as rubricas de avaliação (Ver Apêndice A, a qual consta a finalidade de cada Ciclo Didático), para avaliar os **Testes de Leitura TL e Atividades Mão na Massa MM**. Também delas atribuímos a atuação do aluno em cada ciclo pontuando uma gradação de zero a 10. Para efeito de exemplo a rubrica de avaliação do Ciclo 1 é mostrada para que o leitor tenha uma ideia de parte dos elementos utilizados para avaliação e o conjunto das rubricas computados na tabela 5.2.

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 1

Rubrica de avaliação do Ciclo 1: Os Princípios Fundamentais da Dinâmica					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos dos Princípios Fundamentais da Dinâmica.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as Leis de Newton na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: COSTA, 2018 – Adaptado

A tabela 5.2 traz na primeira coluna o indicativo anônimo do aluno, da segunda à quinta coluna o desempenho médio em cada CDDCH, e na sexta a média dos

desempenhos, com o respectivo conceito atribuído ao aluno exposto na sétima e última coluna.

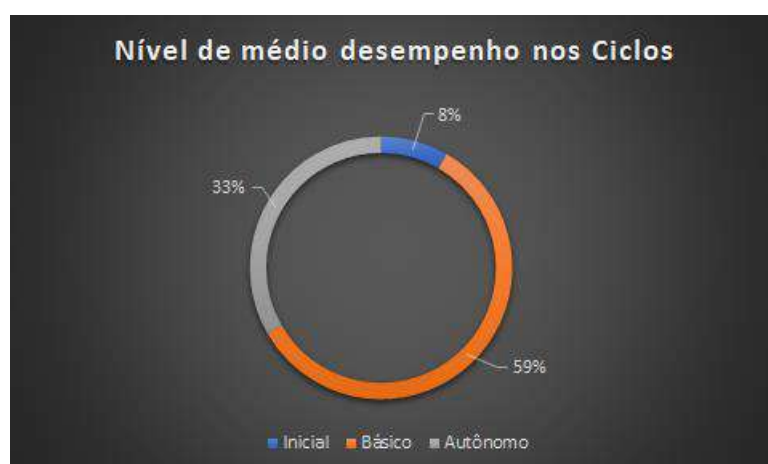
Tabela 5.2: Síntese do desempenho dos discentes de acordo com as rubricas de avaliação.

Aluno	Nível de médio desempenho no Ciclo 1	Nível de médio desempenho no Ciclo 2	Nível de médio desempenho no Ciclo 3	Nível de médio desempenho no Ciclo 4	M.A	Nível de desempenho nos Ciclos
1	7,5	9,0	8,9	7,0	8,1	Básico
2	10,0	10,0	10,0	9,5	9,9	Autônomo
3	9,5	9,0	10,0	7,0	8,9	Autônomo
4	4,0	9,8	4,0	9,8	6,9	Inicial
5	5,5	9,0	10,0	8,0	8,1	Básico
6	5,5	9,0	10,0	7,0	7,9	Básico
7	6,0	9,0	7,8	9,5	8,1	Básico
8	9,0	10,0	9,4	9,5	9,5	Autônomo
9	8,5	8,0	7,2	9,5	8,3	Básico
10	10,0	10,0	10,0	9,5	9,9	Autônomo
11	8,0	10,0	8,9	7,5	8,6	Básico
12	8,5	10,0	10,0	9,5	9,5	Autônomo
13	7,0	8,0	7,2	9,5	7,9	Básico
14	7,5	10,0	8,9	9,5	9,0	Autônomo
15	8,5	9,0	8,9	9,5	9,0	Autônomo
16	8,5	9,0	10,0	7,0	8,6	Básico
17	8,5	9,0	10,0	7,0	8,6	Básico
18	8,5	9,0	8,3	7,0	8,2	Básico
19	9,0	10,0	8,9	9,5	9,4	Autônomo
20	7,5	9,0	10,0	7,5	8,5	Básico
21	6,0	10,0	6,1	9,5	7,9	Básico
22	6,0	10,0	10,0	8,0	8,5	Básico
23	6,5	9,0	8,9	6,5	7,7	Básico
24	9,0	10,0	5,0	3,5	6,9	Inicial
25	7,0	8,0	10,0	9,5	8,6	Básico
26	7,5	9,0	10,0	7,0	8,4	Básico
27	7,5	9,0	10,0	7,0	8,4	Básico

Fonte: Adaptado de Costa (2018, p. 109).

O estudo da tabela 5.2 é apresentado de maneira sintética no gráfico 5.2. Observou-se que nenhum (0%) dos alunos obteve nível considerado **insuficiente**. Da mesma forma observou-se que 8% dos alunos apresentam a classificação **inicial**, que pode ser expressa da seguinte forma: o aluno tem noções básicas sobre o assunto e sobre algumas abordagens em relação ao critério considerado. Requer suporte contínuo para poder apresentar indícios de atuação competente. Observou-se, ainda, um grupo composto por 59% dos alunos apresentando um desempenho classificado como **básico**, que permite assim defini-lo: tem alguns conceitos essenciais da competência trabalhada e pode resolver problemas simples. O grupo composto por 33% dos alunos apresenta a classificação **autônomo**, podendo ser assim classificado: Conhece seu processo formativo, tem critérios e consegue discutir os processos e resultados.

Gráfico 5.2. Síntese do desempenho observado nos alunos nos CDDCHs



Fonte: Autor.

5.3 Análise do evento de socialização do PI

Aplicou-se um sistema avaliativo que consta no Apêndice E deste trabalho. O sistema é uma ficha avaliativa criada especificamente para avaliar a apresentação do PI a uma banca examinadora composta por três professores, dois pertencentes ao quadro das disciplinas técnicas do curso e um professor de pedagogia.

A apresentação se desenvolveu em dois momentos. O primeiro era destinado à análise de dimensionamento das estruturas e o outro momento destinado a avaliar os conhecimentos adquiridos no projeto por meio da apresentação oral.

No primeiro momento a banca avaliou as dimensões que o projeto deveria cumprir, a saber, especificar: os materiais utilizados; carga a ser içada; assim como a altura por ela atingida e o giro do equipamento.

Posteriormente a banca veio a analisar itens apresentados oralmente que versaram sobre a análise de organização de ideias, domínio de conteúdos, poder de síntese, sequência lógica de raciocínio, entre outras.

Em ambas as apresentações, as equipes obtiveram êxito nas atividades perante a avaliação da banca, tendo-se atingido um aproveitamento de 97% para a primeira equipe e 98% para a segunda equipe. A tabela 5.6 mostra o grau de desempenho atingido na atividade de apresentação.

Tabela 5.3: Ficha avaliativa da apresentação do projeto integrador (PI) no curso de Técnico em Edificações

Resultado da pesquisa (Grupo 1)

APRESENTAÇÃO ORAL (MÉDIA)	APRESENTAÇÃO PRÁTICA (MÉDIA)	MÉDIA DOS AVALIADORES	PERCENTUAL (%)
9,4	10	9,7	97%

Resultado da pesquisa (Grupo 2)

APRESENTAÇÃO ORAL (MÉDIA)	APRESENTAÇÃO PRÁTICA (MÉDIA)	MÉDIA DOS AVALIADORES	PERCENTUAL (%)
9,5	10	9,75	98%

Fonte: Autor.

Posteriormente à apresentação do projeto, e com a finalidade de verificar o grau de satisfação em relação à aprendizagem proporcionada aos alunos pelo PI, elaborou-se e aplicou-se um questionário avaliativo, que consta no Apêndice E deste trabalho. O questionário continha 6 itens a serem avaliados para cada um dos 24 alunos, o que totalizou 144 itens analisados dentro do grau de satisfação adotado para a pesquisa (**insatisfeito, satisfeito e muito satisfeito**), o que mostrou um grau de satisfação considerado ideal aos parâmetros da pesquisa.

O gráfico 5.3 mostra o percentual de satisfação do projeto por parte dos alunos com relação à aprendizagem desenvolvida.

Gráfico 5.3. Grau de satisfação do PI pelos alunos



Fonte: Autor.

Verificamos que 81% dos alunos ficaram satisfeitos com essa modalidade de ensino-aprendizagem e quase 20%, não. Os resultados das duas avaliações vêm corroborar que o planejamento, a execução e a finalização trouxeram resultados significativos no que concerne à aprendizagem dos alunos.

5.4 Análise da atuação dos alunos no PI

De maneira a observar *sistematicamente e qualitativamente* o PI, utilizou-se o método de observação proposto por Cohen e Lotan (2017), o qual busca atribuir uma pontuação para aferir o grau de participação do grupo na atividade proposta. As observações foram planejadas para acontecer nos momentos presenciais, que requerem a atuação do aluno em grupo.

Quadro 5.5: Categorias de comportamento observado nos alunos nas atividades em grupo

Conversando e trabalhando juntos na tarefa por meio de manipulação dos materiais da atividade proposta para o dia.
Apenas manipulando materiais sem conversar ou discutir a atividade a ser realizada.
Lendo ou escrevendo dentro do contexto da tarefa a ser feita.
Olhando ou escutando, porém sem participação ativa e significativa na tarefa.
Desmotivado por diversos motivos, de modo inerte às atividades.
Aguardando orientações do professor.
Conversa paralela alheia à atividade proposta.

Fonte: Costa (2018).

Em relação ao grau de engajamento e consequente participação dos alunos no desafio proposto, observou-se a atuação nas etapas de *design*, construção e comparação (ver quadro 4.8), tendo como indicador de desempenho as entregas previstas para o referido projeto. Haja vista isso, pode-se afirmar que houve sucesso pleno nos 2 grupos, uma vez que conseguiram cumprir adequadamente todas as etapas relativas à atividade do projeto integrador.

Diante do exposto, o autor vem então apresentar um caso de sucesso da atividade de projeto integrador. Para isso é fornecido um modelo de grua efetivamente construído pelos alunos e o respectivo modelo matemático-computacional desenvolvido. Importante lembrar que uma das intencionalidades destacadas no quadro geral do projeto integrador (ver quadro 2.1) consistia em potencializar o desenvolvimento de suas habilidades e competências, em especial:

- *Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.*
- *Construir e investigar situações-problema, identificar a situação, prever, avaliar, analisar previsões.*

A análise mostra indícios de atuação competente dos alunos no projeto integrador, tendo em vista que este permitiu que aqueles alcançassem o mais alto nível de nossa tabela de indicativos (quadro 4.1). Em geral, os alunos, atuando em grupo, tiveram a oportunidade de criar modelos totalmente distintos uns dos outros, sem que em nenhum momento se descuidassem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais envolvidos na atividade.

CAPÍTULO 6

A Física da Grua

6.1 Guindastes de torre: o tipo de grua mais comum

Neste capítulo serão exploradas as origens dos primeiros guindastes - bem como o tipo mais comum de grua, a grua torre -, que, ao longo dos séculos contribuíram incansavelmente para que grandiosas cidades fossem erguidas, e que continuam, nos dias de hoje, a contribuir para a sua expansão. A figura 6.1 mostra um exemplo clássico de uma grua utilizada para diversas funções na construção civil.²²

“Os guindastes, também conhecidos como guas, são hoje um equipamento fundamental na área da construção civil. Esses equipamentos incansáveis são capazes de erguer toneladas, facilitando bastante e acelerando o processo de construção de qualquer edifício. Destaca-se, portanto, que o papel fulcral que estes equipamentos têm na construção não é apenas o dos dias de hoje. Durante séculos os guindastes foram evoluídos, e ao mesmo tempo que os anos passavam, foram adaptados às necessidades da sociedade”. (RODRIGUES, 2013)

Figura 6.1. Grua de Torre



Fonte: Rodrigues (2013).

6.1.1 Origem

Há muitos séculos, no tempo em que a Antiga Grécia e o Antigo Egito estavam no auge da sua existência, foram inventados os primeiros guindastes, ou guas. Utilizados para transportar água e construir prédios, as guas primordiais eram

²² Esta subseção do trabalho utilizou-se do material de autoria de RODRIGUES, Ricardo. <https://engiobra.com/guindastes-torre/>. 2013. Acesso: em 27 jan. 2020. Destaca-se que esse material de referência foi usado para embasar as subseções 6.1.1 e 6.1.2.

movidas pela força do homem ou dos animais. Essas duas civilizações são conhecidas pela herança que deixaram para o futuro, sendo consideradas duas das mais avançadas civilizações na época. De fato, não foi preciso esperar muito tempo para que surgisse um novo tipo de grua; foram adicionadas engrenagens ao sistema primordial, engrenagens movidas pela força humana. Essa pequena mudança fez com que fosse possível erguer cargas de maior peso, com uma facilidade maior. Os séculos foram passando, e a Humanidade caminhou a passos largos para a Idade Média; foi aí que os guindastes ganharam mais uma utilização. Naquela época grande parte do comércio era feito através de rotas marítimas, a expansão naval era um símbolo de poder, e, como tal, os países começaram a apostar nesse aspecto, o que fez com que o comércio marítimo se expandisse e que novos continentes fossem descobertos. Os guindastes eram usados para erguer cargas dos navios e levá-las para terra, e vice-versa. Construídos à base de madeira sobre torres de pedra as gruas foram evoluindo lentamente. Com a chegada da Revolução Industrial muito mudou na nossa sociedade, novas invenções surgiram, e as gruas foram alteradas. Antes constituídas por madeira e apoiadas por uma torre de pedra em uma tentativa de garantir uma maior estabilidade, passaram, na época da Revolução Industrial, a ser construídas com ferro e aço, o que aumentou a sua estabilidade, durabilidade, e também a sua capacidade de carga. Felizmente, a Revolução Industrial não foi responsável pela última evolução desse equipamento realmente precioso para a indústria da construção. Atualmente, existem diferentes tipos de gruas, desde gruas de torre, até gruas florestais, que são utilizadas para diferentes tipos de funções. Vale salientar que a grua de torre é a mais comum, é até denominada de grua universal. Nos dias que correm vive-se um período de revolução tecnológica, e isso também se reflete na evolução dos guindastes. Basta olhar para os tipos de controles que o operador tem para manusear a grua, ou para a comunicação por rádio ou infravermelhos que está também à disposição do operador. Ao longo dos séculos as gruas foram evoluindo, e como o processo de evolução é contínuo, vão continuar a evoluir ao longo do tempo, tornando-se mais eficientes, económicas e práticas". (RODRIGUES, 2013)

6.1.2 Guindastes de torre

Tal como foi mencionado anteriormente, esses tipos de guindastes são também apelidados de guindastes universais de torre, isto porque servem para o levantamento de cargas bastante pesadas, podendo movê-las tanto horizontalmente como verticalmente; pode também erguer cargas a alturas consideráveis. Como tal, esse tipo de grua é comumente utilizado na construção, tornando todo o processo mais rápido e fácil. Esse tipo de guindaste foi criado pouco antes da Segunda Guerra Mundial, e até aos dias de hoje apenas se alteraram algumas características, de forma a garantir uma elevada performance. Por exemplo, em meados de 1997 foi adicionado ao sistema do guindaste um conversor de torque, o que permitiu que o funcionamento da grua seja bastante mais suave e, como resultado, requeira menos manutenção, que significa menos gastos. Ao olhar para esse tipo de equipamento de uma forma geral e pensar no investimento a longo tempo, chega-se facilmente à conclusão que o capital investido é rapidamente recuperado, dado que, atualmente, os guindastes estão devidamente equipados com todas as funcionalidades para elevar cargas bastante pesadas, de uma forma fácil e relativamente rápida. As melhorias adicionadas, como é exemplo o conversor de torque, permitem que a grua precise apenas de manutenção básica. Além do baixo custo de manutenção, existe também o reduzido consumo de energia (quando comparada com a grua que existia antes dos anos 90). Um guindaste pode levantar até 18 toneladas, o que é bastante útil. O operador controla todos os movimentos da grua desde a sua cabine. O risco de acidente com uma grua é muito reduzido. Existem determinados cuidados a ter para evitar qualquer tipo de acidentes, a manutenção é um deles. Apesar de as gruas demandarem pouca manutenção, esse é um fator que não deve ser esquecido. A sobrecarga é outro potencial causador de acidentes com gruas, quanto mais longe a carga estiver do mastro, maior terá que ser o nível de força que a grua vai ter que efetuar; contudo, existe um dispositivo que mantém o operador informado se existir sobrecarga, o que contribui bastante para evitar possíveis acidentes. Esses equipamentos ajudam diariamente milhares de construções a serem erguidas; se bem cuidados, podem operar durante décadas. Tudo isto torna os guindastes máquinas excepcionalmente úteis no que diz respeito à construção civil. (RODRIGUES, 2013)

6.2 Normas Regulamentadoras - segurança e saúde do trabalho

De acordo com o “Guia trabalhista” (2011), as Normas Regulamentadoras (NRs) relativas à segurança e à medicina do trabalho são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT.

6.2.1 Normas Regulamentadoras (NR05, NR06, NR17 e NR18)

- **NR 05 - o item 5.1 estabelece que:** “A Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA - tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador”.
- **NR 06 - o item 6.1 estabelece que:** “Para os fins de aplicação desta Norma Regulamentadora - NR, considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”.
- **NR 17 - os itens 17.1 e 17.2 estabelecem que:** “Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Levantamento, transporte e descarga individual de materiais”.
- **NR 18 - o item 18.14.3 estabelece que:** Devem ser observados os seguintes requisitos de segurança durante a execução dos serviços de montagem, desmontagem, ascensão e manutenção do elevador:
 - a) isolamento da área de trabalho;
 - b) proibição da execução de outras atividades nas periferias das fachadas onde estão sendo executados os serviços;
 - c) proibição de execução desse tipo de serviço em dias de condições meteorológicas não favoráveis, como chuva, relâmpagos, ventanias etc.

6.3 TÓPICOS DE FÍSICA ABORDADOS NA GRUA

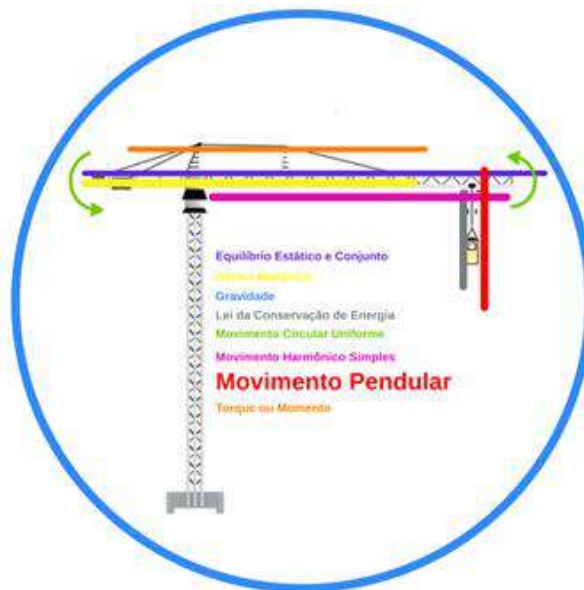
Um guindaste ou grua é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, usando uma ou mais máquinas simples para criar vantagem mecânica (quociente entre a força resistente e a força motora F_{RE}/F_m) e então mover cargas além da capacidade humana. Abaixo são listados os principais assuntos da Física atuantes no equipamento na realização de suas atividades²³.

- Equilíbrio estático e conjunto;
- Ganho mecânico (principalmente da alavanca);
- Lei da Conservação de Energia;
- Movimento Circular Uniforme – MCU;
- Movimento Harmônico Simples – MHS;
- Movimento Pendular;
- Torque ou Momento.

Como aplicações para o capítulo de tópicos de conceitos físicos envolvidos no produto educacional será dada ênfase nas explicações de Movimento Pendular e Torque (também conhecido como Momento de Força no jargão das engenharias, principalmente da engenharia Civil)

²³ Esta subseção do trabalho utilizou-se do material de autoria de ABIMAEL FILHO, <https://prezi.com/mjs1k-r0pqif/a-fisica-da-grua/>. 2015 Acesso: em 27 jan. 2020. Destaca-se que esse material de referência foi usado para embasar as subseções 6.3.1 e 6.3.1.1.

Figura 6.3. Tópicos da Física aplicados ao estudo de guias



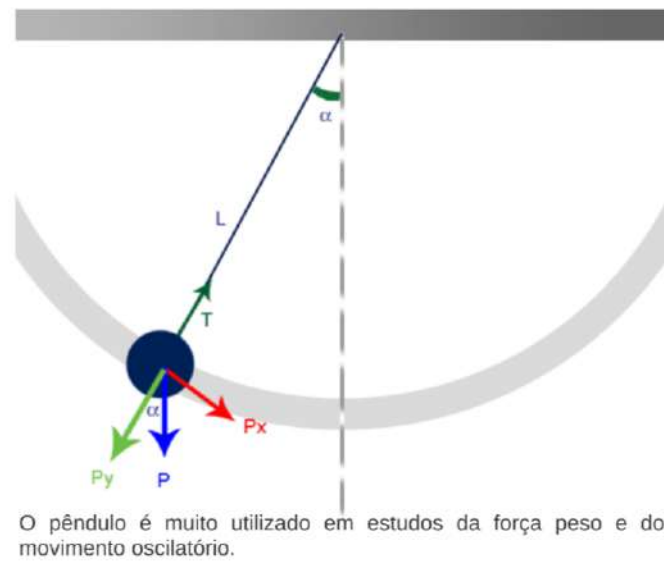
Fonte: Abimael Filho (2015).

6.3.1 Movimento pendular

Pêndulo é um instrumento ou uma montagem que consiste em um objeto que oscila em torno de um ponto fixo. O braço executa movimentos alternados em torno da posição central, chamada posição de equilíbrio; este é formado por um fio não flexível, que se mantém sempre com o mesmo formato e comprimento.

Galileu estudou a periodicidade e o movimento do pêndulo entre 1581 a 1602. Concluiu que a oscilação de um pêndulo apresenta uma frequência constante que independe da sua amplitude, um fenômeno chamado de *isocronismo*. Tal descoberta o levaria mais tarde a estudos adicionais sobre os intervalos de tempo e o desenvolvimento de um relógio de pêndulo, cuja precisão era muito maior que a dos relógios usados na época. A figura 6.3.1 mostra as forças relacionadas ao movimento pendular.

Figura 6.3.1. Pêndulo

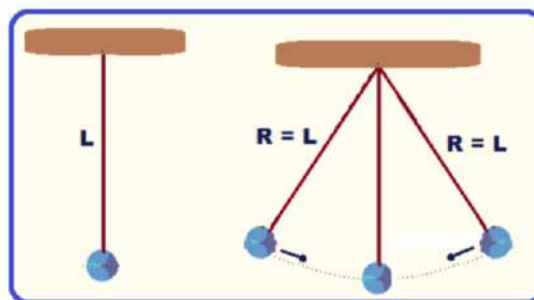


Fonte: Abimael Filho (2015).

6.3.1.1 Pêndulo simples

O pêndulo simples consta de uma massa **m**, presa na extremidade inferior de um fio ideal, fixada verticalmente na sua extremidade superior. A figura 6.3.1.1 (1) mostra um pêndulo simples clássico.

Figura 6.3.1.1 (1). Pêndulo Simples



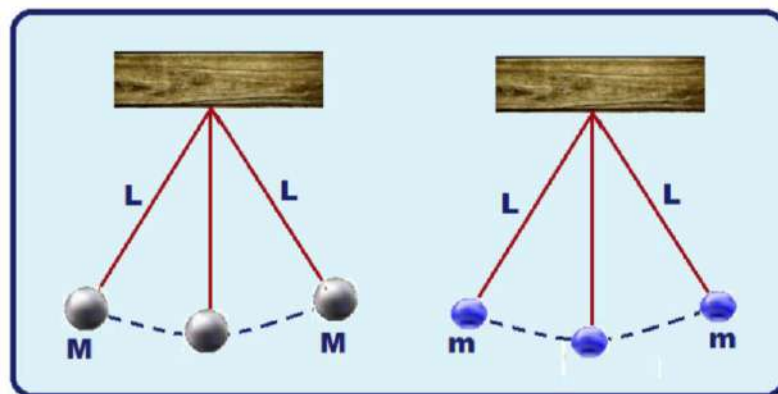
Fonte: Abimael Filho (2015).

Se o pêndulo simples oscilar, com oscilações de pequena abertura (no máximo 15°), ele descreve um movimento circular de $R = L$, sendo L o comprimento do fio. Seu período (T), que é o tempo que ele demora para efetuar um “vaivém” completo, é fornecido pela expressão:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}},$$

O período T de um pêndulo simples é diretamente proporcional à raiz quadrada de seu comprimento L , onde g é a aceleração da gravidade local. A massa pendular m não influi no período T do movimento. Assim, dois pêndulos de mesmo comprimento L , mas de massas diferentes M e m , apresentam o mesmo período T . A figura 6.3.3 9 (2) mostra dois pêndulos simples com massas distintas, cujos movimentos comprovam a não influência da massa em relação ao período de oscilação.

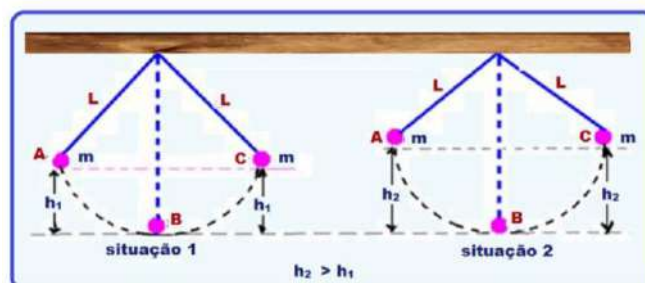
Figura 6.3.1.1 (2). Pêndulo simples em movimento



Fonte: Abimael Filho (2015).

O período de um pêndulo simples independe da amplitude, ou seja, da altura em que m é abandonada. Assim os pêndulos da figura abaixo, tanto na situação 1 como na 2, demoram o mesmo tempo para ir de A até B, de B até C, de C até B e de B até A. A figura 6.3.1.1 (3) representa a propriedade enunciada para as alturas h_1 e h_2 , sendo $h_2 > h_1$.

Figura 6.3.1.1 (3). Pêndulo simples em movimento com alturas distintas



Fonte: Abimael Filho (2015).

6.3.2 Momento de Força em configurações de equilíbrio em uma grua

(Aplicação prática da condição de equilíbrio de momentos fletores em um caso real)

Nesta seção, demonstra-se uma aplicação prática do equilíbrio de momentos ao caso de uma estrutura real. Especificamente, será visto esse equilíbrio de momentos para um guindaste de torre²⁴.

6.3.2.1 Equações de equilíbrio no plano

Nesta seção, as análises se ocupam das condições de equilíbrio que consistem no caso tridimensional em soma de forças e soma de momentos. No caso em questão, será visto o estado das cargas planas e, portanto, a equação do balanço de forças que se desenvolve na soma de forças no eixo "x" e na soma das forças no eixo "y". Veja-se, então, a condição de equilíbrio nas relações abaixo.

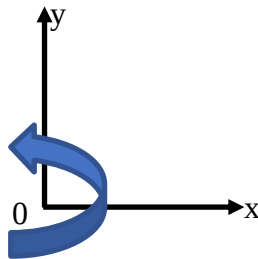
Condição de equilíbrio de forças: $\sum F_x = 0$ e $\sum F_y = 0$

Existe uma propriedade muito importante da condição de equilíbrio de momentos, pois o momento deve ser nulo em qualquer ponto da estrutura, que deve ser considerado, e não apenas na origem.

Assim expressa-se que: $\sum M_o = 0$

O momento é um vetor localizado perpendicularmente ao plano formado pelas cargas, por isso, e por conveniência, não será representado por um vetor, como será feito com as forças representadas, e sim por uma seta curva, que representa a direção da rotação que criaria a força que realiza esse momento. Embora seja um vetor, essa representação é mais usual para as aplicações em engenharia (seta curva). A figura 6.3.2.1 (1) mostra o momento aplicado perpendicularmente.

Figura 6.3.2.1 (1). Momento aplicado perpendicularmente ao plano das cargas

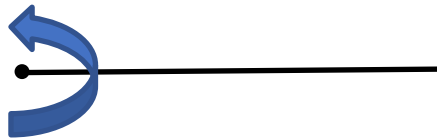


Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

²⁴ Esta subseção do trabalho utilizou-se do material de autoria de UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. **Equilíbrio de momentos en una grúa torre | UPV, 2016** ,... Acesso em: 22 fev. 2020. Destaca-se que esse material de referência foi usado para embasar as subseções 6.3.2.1 e 6.3.3.

Chama-se, agora, a atenção para um tipo de momento chamado fletor, que é um esforço que tende a “curvar” uma viga. Trata-se de um tipo de deformação que se produz quando a força é aplicada a uma viga, uma vez que cria a deformação que é chamada de flecha, conforme figura 6.3.2.1 (2).

Figura 6.3.2.1 (1). Momento fletor



Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

Abaixo, na figura 6.3.2.1 (3), mostra-se como a flecha age em um elemento estrutural.

Figura 6.3.2.1 (3). Momento fletor



Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

6.3.3 Momento de equilíbrio na grua de torre

Após uma breve introdução, será aplicada a condição de soma dos momentos para a grua de torre aplicados conforme a figura 6.3.3 (1). Para isso, e para simplificar os cálculos, primeiro será feita uma simulação de como seriam as forças aplicadas na estrutura da grua. O peso P_{cp} do contrapeso fica localizado a uma distância L_{cp} do eixo da grua. Do outro lado, a carga Q que se pretende transportar está localizada a uma distância L_0 do eixo do guindaste.

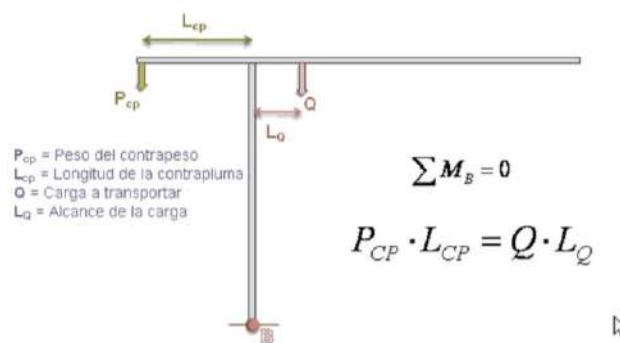
Figura 6.3.3 (1). Grua de torre – forças aplicadas



Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

Simplificando-se o desenho, figura 6.3.3 (2), pode-se considerar o cálculo da soma dos momentos no eixo da torre, em particular no ponto da base do eixo da torre, no momento em que é criada uma força no caso de cargas em um plano. É necessário simplesmente multiplicar a força que o momento cria pela distância, sempre com a precaução de medir a distância perpendicularmente para a força que está criando esse momento. Portanto, há, por um lado, o peso do contrapeso multiplicado pelo comprimento da contralança e, do outro lado do eixo da torre há a carga a ser transportada e multiplicada pelo alcance da carga nas guias de torre. Assim, tanto o peso do contrapeso quanto o comprimento da contralança são valores fixos para cada grua aqui considerada.

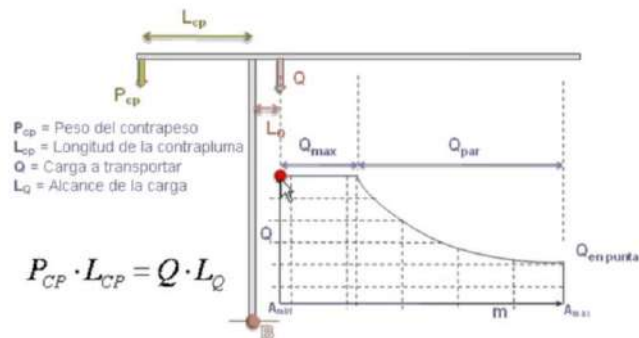
Figura 6.3.3 (2). Cálculos de momentos no eixo da torre (B)



Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

Para que a grua possa estar em equilíbrio, e que a condição de momentos seja cumprida, é necessário que o produto carregado por alcance também tenha um valor fixo. Portanto, uma vez considerado o diagrama de carga e chegando-se a uma grua de torre, vê-se primeiro que se pode ter um valor máximo de carga se colocado a distância alcance mínimo em relação ao eixo da torre, conforme mostra a figura 6.3.3 (3).

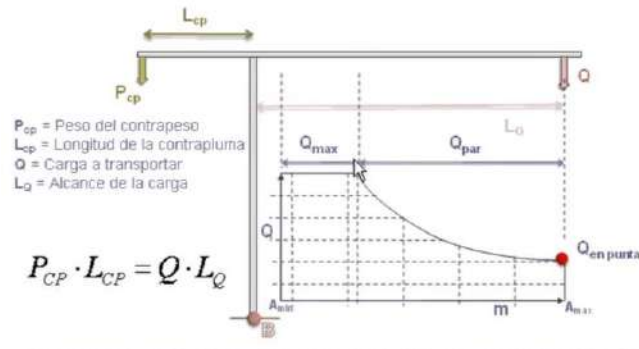
Figura 6.3.3 (3). Diagrama de cargas e alcances em uma grua de torre



Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

À medida que se afasta a carga do eixo da torre, atinge-se uma distância que implica um ponto de inflexão, que, a partir desse momento, caso pretenda-se continuar afastando a carga transportada, deve-se necessariamente reduzir o valor da carga transportada até atingir o valor permitido da carga apontada, que corresponde ao valor máximo de alcance, ou seja, como conclusão para manter a soma dos momentos igual a 0. Esse é o momento da condição de equilíbrio apresentado na figura 6.3.3 (4).

Figura 6.3.3 (4). Diagrama de cargas e escopos de uma grua de torre



Fonte: [Universitat Politècnica de València \(2016\)](#).

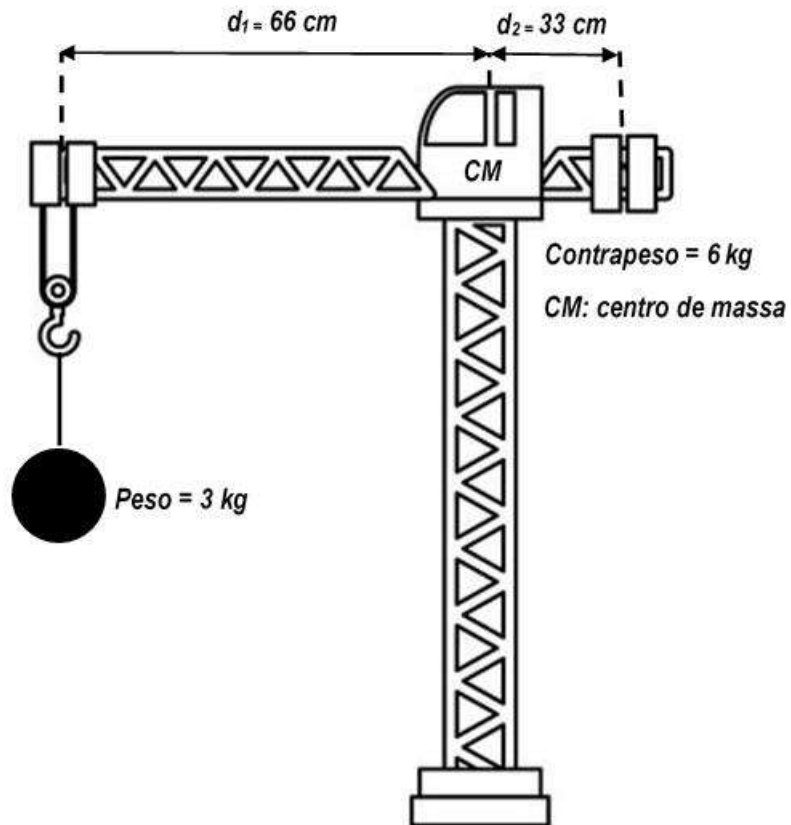
6.3.4 Aplicação prática

Tomando-se um modelo simbólico de grua com um modelo semelhante ao construído por uma das equipes e as dimensões reais do projeto aplicado, é sabido que a somatória dos momentos do lado esquerdo do apoio tem que ser igual à somatória dos momentos do lado direito, conforme equação abaixo registrada em Newton.metro (N.m).

$$P_{cp} \cdot g \cdot L_{cp} = Q \cdot g \cdot L_Q \rightarrow 3kg \cdot 0,66m = 6kg \cdot 0,33m \rightarrow 198 N.m = 198 N.m$$

Portanto, pode-se concluir que o sistema está em equilíbrio. Abaixo, na figura 6.3.4, é possível verificar os valores no projeto aplicado.

Figura 6.3.4. Grua simbólica



Fonte: Autor.

CAPÍTULO 7

Considerações Finais

O presente trabalho apresentou as etapas de desenvolvimento, implementação e avaliação de uma sequência didática sobre mecânica newtoniana (com aplicações em especial para o estudo da Estática). A sequência possui foco no desenvolvimento de competências e habilidades para alunos do Curso Técnico em Edificações do Instituto Federal do Pará, Campus Bragança. Visando replicação e ampliação deste trabalho, apresentaram-se detalhadamente todas as fases e etapas utilizadas nos ciclos didáticos e na construção do projeto integrador elaborado na forma de um guia de aplicação para o professor (produto educacional decorrente desta pesquisa). Consta também nesse material os pressupostos teóricos da proposta.

Entre outros recursos são disponibilizados no trabalho, destacam-se: tabelas e rubricas de avaliação; regulamento para construção de guias de palito de picolé; guia para elaboração de projeto integrador, rubricas de avaliação de níveis de indícios de atuação competente; tutorial do software Ftool para auxiliar o professor na etapa de simulação computacional; material de apoio ao professor para auxiliar na contextualização e aplicação da mecânica newtoniana; informações sobre a modelagem matemática do modelo físico; material instrucional para auxiliar o professor na orientação dos alunos na construção do modelo físico de uma grua de palitos de picolé.

A pesquisa aplicada teve, em especial, o intuito de potencializar o desenvolvimento das seguintes competências gerais previstas nas orientações curriculares nacionais:

- Identificar, na situação-problema posta, as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-las.
- Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo; representar dados e utilizar escalas; fazer estimativas; elaborar hipóteses; interpretar resultados (BRASIL, 2006).

Uma vez escolhido a metodologia aprendizagem baseada em projetos houve também a necessidade de planejamento integrado que contou com a participação de outros docentes da Instituição (vinculados às disciplinas de Física, Matemática,

Estabilidade das Construções e Tecnologia do Concreto e Argamassa). Várias modalidades avaliativas foram trabalhadas visando a plena consecução dos objetivos. Entre elas destacam-se: questionários *online*; fichas e rubricas avaliativas. Os estudantes também tiveram oportunidade de participar de atividades e de serem orientados via celular em recurso como nominado como de WhatsApp Pedagógico criado especificamente para o projeto integrador da sequência didática.

Em relação ao desempenho discente nos 4 ciclos didáticos da SD pode-se dizer que houve alta participação dos mesmos em todas as atividades. As rubricas de avaliação para os ciclos didáticos mostraram que nenhum dos alunos ficou com rendimento insuficiente, o que sem dúvida é algo bastante positivo. 8% dos alunos que participaram da pesquisa atingiram o nível inicial de desempenho, o qual é caracterizado pelo domínio básico de conteúdos e de abordagens dos tópicos trabalhados. A maior parte dos alunos (59%) atingiu o nível seguinte da rubrica que é descrito como “aquele que contém conceitos essenciais da competência trabalhada e pode resolver problemas simples”. Por sua vez, 1/3 dos estudantes que participaram da pesquisa atingiram o nível mais alto da rubrica, nominado como autônomo e caracterizado como aquele em que o aluno conhece seu processo formativo, tem critérios e consegue discutir os processos e resultados.

Quanto à atividade de maior complexidade da sequência didática, o projeto integrador (PI), os alunos demonstraram responsabilidade e engajamento. Todos os marcos de entrega e os atributos técnicos da grua foram respeitados por ambas as equipes, em conformidade com o regulamento para a construção do modelo físico de grua formulado pelo autor deste trabalho. Os alunos foram avaliados por mais de um professor em relação ao trabalho escrito (relatório de equipe) que deveria conter justificativa, objetivos, materiais e métodos, cálculos da estrutura, resultados e discursões como também as conclusões.

Também como parte avaliativa do PI, os alunos – em equipes – apresentaram seminários, os quais (ver ficha avaliativa – Apêndice D) fizeram parte do Evento de Socialização da sequência didática ocorrido nas dependências da Instituição da Instituição (mais precisamente no Laboratório de Física). Os próprios alunos ficaram responsáveis pela divulgação do evento em redes sociais da Internet. O evento de socialização contou com a presença de outros alunos, ex alunos e de parte do corpo técnico da escola (incluindo o diretor de campus que deu aval para a consecução e

continuidade das atividades). Os discentes se mostraram orgulhosos e prestigiados por tão ilustres presenças e pela oportunidade de expor os resultados das suas pesquisas.

Durante a apresentação dos trabalhos pôde-se observar que os alunos tiveram um comportamento ético durante a exposição dos colegas, que é também um resultado almejado sempre que se trabalha com trabalhos de pesquisa envolvendo participação colaborativa entre os alunos.

Em depoimento acerca de uma análise feita por um dos pedagogos da instituição, Robson de Sousa Feitosa IFPA, Câmpus Bragança, dentro do contexto voltado a importância significativa do Projeto Integrador como ferramenta metodológica no processo de ensino/aprendizagem, destaca o seguinte em relação aos trabalhos apresentados pelos alunos:

Verifico nas falas dos alunos a integração de várias disciplinas e a percepção de que lançam mão de conteúdos de várias delas, mesmo daquelas que não estão no semestre em que desenvolvem as atividades, mas que têm relação com a construção da grua. A atividade, por ser prática, envolve a articulação com as teorias de várias disciplinas, como apresentado pelos alunos, ao dizerem que têm conhecimentos de Matemática, Física e das várias disciplinas técnicas do semestre. É empolgante verificar o uso do laboratório em uma articulação da teoria com a prática através do projeto integrador, perseguindo os objetivos do currículo integrado desenvolvido na rede federal de educação profissional e tecnológica – EPT.

Feitosa finaliza sua fala parabenizando a iniciativa. Da mesma forma, os outros professores e o corpo técnico da escola que se fez presente no evento de socialização do projeto destacaram que a proposta atingiu quase que 100% das expectativas no que diz respeito ao empenho dos alunos, às parcerias entre alunos, técnicos, direção e professores, bem como à inovação didático-pedagógica cujo sucesso aponta para a continuidade da mesma a fim de se efetivar como prática curricular frequente para os demais cursos da Instituição.

De posse desses resultados pode-se afirmar que os alunos puderam experimentar situações complexas que lhes permitiram desenvolver comportamentos alinhados ao desenvolvimento de habilidades e competências, em contextos similares às suas práticas profissionais. Nesse sentido, pode-se afirmar também que a interdisciplinaridade e a contextualização são atributos de destaque desta sequência didática.

Pretende-se dar continuidade ao trabalho com a implementação de metodologias que tragam uma transformação no processo educacional dos alunos, além de procurar realizar novos projetos integradores que tenham como objetivo inserir métodos de aprendizados didáticos, modelos de ensino e novas estratégias de ensino-aprendizagem que tenha como principal proposta um maior protagonismo do aluno e que funcione como um auxiliador nos diversos tipos de aprendizado do pesquisador.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para o fortalecimento do processo educacional brasileiro e que sirva de inspiração para o desenvolvimento de ideias promissoras e criativas nas áreas de ensino e de educação, especialmente para a área de ensino de física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAEL FILHO, <https://prezi.com/mjs1k-r0pqif/a-fisica-da-grua/>. 2015 Acesso: em 27 jan. 2020.

ARROYO, Miguel G. Fracasso-sucesso: O peso da cultura escolar e do ordenamento da educação básica. *In*: ABRAMOWICZ, Anete; MOL, Jaqueline (org.). **Para além do fracasso escolar**. 5. ed. São Paulo: Papirus, 2002.

BARELL, J. Problem-based learning: an inquiry approach. 2. ed. Thousand Oaks: Corwin, 2007.

BECKER, F. O que é construtivismo? **Revista de Educação AEC**, Brasília, v. 21, n.83, abr./jun. 1992. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_20_p087-093_c.pdf>. p. 7-15. Acesso em: 20 dez 2019.

BENDER, Wilian N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Ed. Penso, 2014.

BERGMANN, J.; SAMS, A. A sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio de Janeiro: LTC, 2016. (Bacich, 2017-10-01, p. 23)

BRASIL. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2008]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.htm. Acesso em: 03 out. 2019.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. Tópicos de Física. 1ª edição, Vol.1. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

BLIKSTEIN, Paulo. Digital fabrication and ‘making’ in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, v. 4, p. 1-21, 2013.

BLIKSTEIN; WILENSKY, 2007 *apud* WITWYTZYK 2019, et al. p.1

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra EB. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.

BONJORNO, José Roberto. Física: Mecânica. 3ª Ed. São Paulo: Ed. FTD, 2016.

BOSS, S.; KRAUSS, J. Reinventing project-based learning: your field guide to real-world projects in the digital age. Washington, DC: International Society for

Technology in Education, 2007.

BRASIL, Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Referenciais Curriculares Nacionais. Educação Profissional de Nível Técnico – Introdução. Resolução CEB/CNE nº04 e Parecer CEB/CNE nº16,1999.

BRASIL, Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Referenciais Curriculares Nacionais. Educação Profissional de Nível Técnico – Introdução. Resolução CEB/CNE nº04 e Parecer CEB/CNE nº16,1999.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base. Ensino Médio BNCC (BRASIL, 2017, p. 08)

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: Presidência da República, [1996]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 03 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio:** Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Exame Nacional do Ensino Médio:** Documento Básico. Brasília: INEP, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.** Componente curricular Física. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Plano Decenal de Educação para Todos.** Brasília: MEC, 1993.

BUCK. Institute for education. *Aprendizagem baseada em projetos: guia para professores de ensino fundamental e médio.* Artmed, 2008.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. especial 2, p. 891- 934, 2012.

CARVALHO, A. M. P. D. C.; PEREZ, D. G. O saber e o saber fazer dos professores. In: PIONEIRA (Ed.). *Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média.*

São Paulo, SP: Amélia Domingues de Castro, Anna Maria Pessoa de Carvalho, 2001. p.107-124.

CASALE, Adriana. Modelagem Bifocal Aplicada à Engenharia Mecânica: Desenvolvimento de um modelo computacional de condução térmica para uso educacional no ensino superior, 2013. Disponível em https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2047907889_D_Greene. Acesso em 30 Jan 2020.

COHEN E.G.; LOTAN, R. A. **Planejando o trabalho em grupo**. Porto Alegre: Ed. Penso, 2017.

COSTA, José Benício da Cruz. **Planejamento, construção, validação e avaliação de uma Sequência Didática com foco no desenvolvimento de Competências no Ensino Médio Integrado**. 2018. 158f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém/PA, 2018.

DA LUZ, Antônio Máximo Ribeiro; ALVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. Física: Contexto e Aplicações. Vol 1. 2ª edição. São Paulo: Ed. Scipione, 2017.

DORE, Rosemary et al. Evasão nos cursos técnicos de nível médio da rede federal de educação profissional de Minas Gerais. In: _____ et al. (orgs). **Evasão na educação: estudos, políticas e propostas de enfrentamento**. Brasília: IFB/CEPROTEC/RIMEPES, 2014. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/rimepes/livros/Dore%20et%20al.%20-%202014%20-%20Evasao%20na%20educacao%20-%20estudos,%20políticas%20e%20propostas.pdf>. Data de acesso: 03 nov. 2019

FERRAZ, A. P. C. M. et al. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 27. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GASPAR, Alberto. Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vitgotski. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GOODSON, I. - O currículo em mudança: estudos na construção social do currículo. Porto: Porto Editora, 2001.

GRECA; SEOANE; ARRIASSECQ, 2014 apud COSTA 2018, p. 2

Guia Trabalhista. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm>. Curitiba (s/d) Acesso em: 28 jan. 2020.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ. INSTRUÇÃO NORMATIVA PROEN/IFPA Nº 004, DE 20 DE NOVEMBRO DE 2018. Estabelece normas para a organização do Projeto Integrador na integralização curricular das atividades acadêmicas específicas dos cursos técnicos de nível médio e de graduação do IFPA. 2018

JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os Fundamentos da Física 1: Mecânica. 9ª Ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2008.

KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. A contribuição da Física para o novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4. n. 2, p. 27 - 30, 2016. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/vol4/Num2/v4na09.pdf>. Acesso em: 03 out. 2019.

KÜLLER, J. A.; RODRIGO, N. F. Uma metodologia de desenvolvimento de competências. **Bol. técnico SENAC**: a revista da educação profissional. 2012. Disponível em: <http://www.senac.br/BTS/381/artigo1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

LARMER, J.; ROSS, D.; MERGENDOLLER, J. R. PBL starter kit: To-the-point advice, tools, and tips for your first project in middle or high school. São Rafael: Unicorn Printing Specialists, 2009.

SALEND, S. J. Technology-based classroom assessments: Alternatives to testing. *Teaching Exceptional Children*, [s.l.], v. 41, n. 6, p. 48–59, 2009.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Ed. Penso, 2018.

MARQUES, Gil da Costa. Mecânica clássica para professores. São Paulo: Edusp, 2014.

NOVAK, Gregor M. et al. Just in time teaching. 1999.

PACHECO, E. M. **Perspectivas da Educação Profissional Técnica de Nível Médio**: Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais. Brasília: Moderna, 2012.

PACHECO, Eliezer Moreira; PEREIRA, Luiz Augusto Caldas; ALGUSTO, Moisés Domingos. **Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia**: limites e possibilidades. Brasília: Linhas Críticas, 2010.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio. **O Ensino de Física Via Aprendizagem Baseada Em Projetos: Um Estudo à Luz da Teoria Antropológica do Didático**. 2018. 237f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2018.

PERRENOUD, P. **10 Competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PERRENOUD, P. **Avaliação: Da excelência à regulação das aprendizagens - entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed S.A, 1999.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PERRENOUD, Philippe. *As competências para se ensinar no século XXI: A formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Ed. Artmed S.A, 2007.

PERRENOUD, Philippe. *Diferenciação do ensino. Uma questão de organização do trabalho* Curitiba: Editora Melo, 2011.

PERRENOUD, Philippe. *Os Ciclos de Aprendizagem: Um caminho para combater o fracasso escolar*. Porto Alegre: Ed. Artmed S.A, 2007.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades, *A Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 10, 2003. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a04.pdf>>. Acesso em 02.11.2019.

RODRIGUES, Ricardo. <https://engiobra.com/quindastes-torre/>. 2013. Acesso: em 27 jan. 2020.

RUTHES, R.M., CUNHA, I.C.K.O., *Gestão por Competências – Uma Aplicação Prática*, Editora Martinari, São Paulo, 2008.

SANTOS, E.. *Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético*. 1998 <https://www.blbbrasil.com.br/blog/conheca-a-diferenca-entre-habilidade-e-ompetencia/>acesso: Acesso em: 02/11/19.

THIESEN, J. S. Currículo interdisciplinar: contradições, limites e possibilidades. **Revista Perspectiva**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 591-614, 2013.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. *Física Conceitual: Física para Cientistas e Engenheiros*. Vol.1. 6ª edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2019.

TOBÓN, Sergio Tobón; PRIETO, Julio Herminio Pimienta; FRAILE, Juan Antonio García. *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson educación, 2010.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. **Equilibrio de momentos en una grúa torre** | | UPV, 2016 ,... Acesso em: 22 fev. 2020.

VEIT, Eliane Angela; TEODORO, Victor Manuel Neves Duarte. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 87-96, 2002.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio. Vol 1. 4ª edição. São Paulo: Ed. Saraiva, 2016.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1998.

ZABALA, Antoni, ARNAU, Laia. *Como ensinar e aprender competências*. Porto Alegre: Artmed, 2010. 197 p.

Apêndice A

Produto Educacional: Projeto Integrador para o Desenvolvimento de Competências e Habilidades: Uma proposta metodológica para o Ensino de Física

Apresentação

Prezado Professor,

A Física é uma disciplina fundamental no processo de formação para futuros técnicos em edificações. Desta ciência nasce grande parte dos conceitos relacionados à construção civil. Compreender as noções científicas, trazê-las para a realidade e saber aplicá-las são alguns dos objetivos propostos aos nossos estudantes. Entretanto, existe um longo caminho entre a Física dos cientistas e aquela vista no Ensino Médio.

A Física enquanto um corpo de conhecimento estruturado se mantém a mesma, em suas leis e princípios reconhecidos e estabelecidos, ainda que continuamente, incorporando novos conhecimentos e estabelecendo novas descobertas. Assim, podemos mudar as seleções de conteúdos, as escolhas de temas, as ênfases, as formas de trabalhar ou os objetivos formativos propostos para o ensino de Física, levando-se em consideração a realidade de cada escola. (KAWAMURA & HOSOUME, 2003).

Nossos esforços merecem atenção nas competências e habilidades em Física que se querem promover no futuro profissional de Técnico em Edificações. Além da formação profissional, a modalidade integrada garante concluir que o conhecimento de Física tem também um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: “Trata-se portanto de uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.” (BRASIL, 2002, p. 60).

Vale lembrar que as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado se tratadas de forma isolada. “Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de

outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar força somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens.” (BRASIL, 2002, p. 60).

Neste cenário, surge nossa proposta de pesquisa: Quais conceitos no Ensino de Física são centrais para o Técnico em Edificações? A nossa proposta visa a aplicação do que chamamos de **Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades (CDDCH)** e **Projeto Integrador (PI)**. A aplicação planejada das duas modalidades didáticas (CDDCH e PI) busca, em suma, que o aluno se prepare previamente para o encontro em sala de aula e durante a aula tenha a oportunidade de experimentar, o que Zabala e Arnau (ZABALA e ARNAU, 2015) chamam de esquema de atuação competente. Ou seja, almeja-se que os discentes possam: planejar; construir; analisar um modelo físico e computacional de um protótipo de grua de palito de picolé.

Na introdução, apresentamos uma breve consideração a respeito do que seja um Projeto Integrador, assim como, suas etapas, principais norteadores, vantagens e resultados obtidos.

Na segunda seção, intitulada Projeto Integrador para o Desenvolvimento de Competências e Habilidades, descrevemos detalhadamente as macro etapas de nosso projeto explicando os seus motivos, formatos e intencionalidades didáticas, bem como propomos ferramentas que possam auxiliar o professor nas atividades. Na terceira seção, denominada Projeto Integrador para Técnicos em Edificações, apresentamos um exemplo desenvolvido e aplicado de acordo com o proposto no capítulo anterior com o detalhamento de todas as atividades que foram aplicadas. Na seção de apêndices e anexos, apresentamos uma série de textos que podem auxiliar de maneira valiosa o trabalho docente. São eles: Apêndice B - Lâminas da apresentação utilizada na Sequência Didática. Anexos: A - Conceitos de Propriedades de Materiais importantes para a construção de uma grua de palitos de picolé; B - Pequeno Tutorial Ftool; C - Planilha de avaliação da sequência;

Lembramos que este trabalho, desenvolvido como parte de uma dissertação de mestrado do Programa de Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF), é uma primeira versão e que, certamente, contém imperfeições que escaparam ao nosso olhar. Sendo assim, contamos com a contribuição do leitor, o qual poderá enviar sugestões ao seguinte endereço eletrônico: rosevaldo.barros@ifpa.edu.br.

Nosso desejo é que este material possa contribuir para uma ação pedagógica que permita a professores e alunos uma experiência de desenvolvimento de competências no âmbito da educação profissional.

Bom Trabalho!

Capítulo 1

Projeto Integrador²⁵

A palavra projeto é rotineiramente utilizada em diversos âmbitos da atuação humana. A ela estão associadas as mais diversas definições, tais como intenção, sonho, proposta para resolução de problemas, atividade organizada, entre outras.

A ideia de projeto voltado ao ensino tem sido muito difundida entre professores e educadores de nosso país. No entanto, erros de interpretação de seus fundamentos têm levado à banalização do termo e, algumas vezes, a equívoco sobre sua concepção e execução. Contudo, um trabalho bem organizado por meio de projetos aparece como uma importante alternativa ao contexto, geralmente pouco dinâmico, da sala de aula.

Uma modalidade de projeto que costuma ser bastante valorizada em termos didáticos é aquela que se desenvolve em torno de uma situação-problema. Nesse tipo de projeto, o aluno é inserido em um contexto que exige dele a integração de um conjunto amplo de conhecimentos que serão usados para se obter a solução de um problema complexo. Mas para que um projeto nesses moldes se desenvolva e traga os resultados de aprendizagem desejados, algumas etapas devem ser observadas ao longo de sua execução.

Uma outra modalidade de projeto que costuma também ser bastante valorizada em termos didáticos é a de projetos integradores (interdisciplinares), que é um nível mais avançado de realização de projetos. Acontece quando integram mais de uma disciplina, professores e áreas de conhecimento. A iniciativa pode partir da atitude de professores ou fazer parte do projeto pedagógico da instituição. São projetos que articulam vários pontos de vista, saberes e áreas do conhecimento, trazendo questões complexas do dia a dia, que fazem os alunos perceberem que o conhecimento segmentado (disciplinar) é composto de olhares pontuais para conseguir encontrar significados mais amplos. Assim, os problemas e projetos interdisciplinares ajudam os alunos a perceber as conexões entre as disciplinas. Podem ser realizados utilizando todas as técnicas (dentro e fora da sala de aula, em vários espaços, onde o digital pode ser muito importante, assim como o desenvolvimento de jogos, histórias ou produtos).

²⁵ Esta subseção do trabalho utilizou-se do material de autoria do livro Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações. Manual do Professor (2017). Destaca-se que esse material de referência foi usado para embasar as subseções posteriores.

Projetos interdisciplinares importantes hoje são os que estão próximos da vida e do entorno dos estudantes, que partem de necessidades concretas e expressam uma dimensão importante da aprendizagem atual, que é a aprendizagem-serviço: estudantes e professores, em contato com diferentes grupos e problemas reais, aprendendo com eles e contribuindo com soluções concretas para a comunidade. Na aprendizagem-serviço, os estudantes não só conhecem a realidade, mas simultaneamente contribuem para melhorá-la, e isso dá um sentido muito mais profundo ao aprender: aprender não só para si, mas para melhorar a vida dos demais. A combinação de projetos interdisciplinares com o conceito de aprendizagem-serviço, com o apoio de recursos digitais, é um caminho fantástico para engajar os estudantes no conhecimento, na vivência e na mudança de um mundo complexo e em rápida transformação.

Uma outra dimensão dos projetos está voltada para que cada estudante trabalhe o autoconhecimento, desenvolva um projeto de futuro (possibilidades a curto e médio prazo) e construa uma vida com significado (valores e competências amplas). É o projeto de vida, que organizações mais atentas incluem no currículo como um eixo transversal importante, com alguns momentos fortes ao longo do curso e alguma forma de mentoria ou orientação pessoal aos estudantes. (BACICH, 2017 p. 19)

Etapas de um projeto

Seguem abaixo as etapas que devem estar presentes durante a execução de um projeto centrado em uma situação-problema e destinada ao Ensino Médio. Segundo o manual do professor (Física Contexto e Aplicações) de Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga e Carla Guimarães²⁶, podemos enumerar as etapas do projeto:

- Levantamento do repertório dos estudantes e de possíveis propostas para a situação-problema;
- Definição de uma situação-problema relacionada à realidade dos alunos;
- Definição das etapas do projeto;
- Formação das equipes de trabalho e definição do cronograma;

²⁶ Importante salientar que as etapas do projeto estão alinhadas com os termos da ABP propostos por Bender (2014).

- Investigação dos saberes que deverão ser apropriados para se chegar à solução do problema proposto;
- Execução das atividades e resolução do problema;
- Apresentação do trabalho final do projeto.

Princípios norteadores de um projeto

Além dos momentos listados acima, o trabalho por projeto deve ser guiado por princípios que garantam o cumprimento das expectativas de aprendizagem estabelecidas. A seguir destacamos esses princípios e suas respectivas didáticas.

- A situação-problema deve pertencer à realidade do aluno, tem que lhe ser familiar, para que ele perceba mais facilmente as relações lógicas que serão estabelecidas e encontre sentido naquilo que terá que estudar.
- Para que uma proposta de trabalho se constitua de fato em um projeto, o desenvolvimento das atividades em sala de aula deve permitir a participação da turma durante a tomada de decisões. Compartilhar escolhas e decidir em conjunto são atitudes que favorecem o surgimento de uma atmosfera propícia à cumplicidade e à cooperação, características essenciais para um bom trabalho em equipe.
- A finalidade do projeto é a aprendizagem significativa de conteúdos relacionados ao problema e, portanto, a passagem para a próxima etapa deve ser feita apenas quando toda a equipe já atingiu a compreensão real dos conceitos abordados na etapa atual.
- O sequenciamento da pesquisa por informações e do estudo dos conteúdos devem facilitar a memorização compreensiva dos conceitos.
- Deve haver um monitoramento constante do andamento do projeto, não apenas do cumprimento do cronograma, mas também da aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos em cada etapa.

Possíveis Vantagens

Os projetos que envolvem situações-problema, geralmente, representam um desafio que mobiliza os estudantes em busca de soluções. Esse tipo de proposta modifica a organização da prática pedagógica, pois altera a relação tradicional entre professor e aluno, fazendo emergir um novo caminho para a construção do conhecimento.

Nesse caso, o engajamento dos estudantes, que muitas vezes não é percebido nas aulas tradicionais, se torna evidente na busca por informações, na proposta de soluções e no esforço para a produção de um trabalho bem feito. Como resultado, o aluno se apropria de um conhecimento mais significativo, construído a partir da vivência e da coparticipação, uma vez que tanto professor como estudantes se tornam sujeitos ativos na elaboração das atividades.

Finalmente, o trabalho com projetos traz a possibilidade da interdisciplinaridade. Por estar centrado na busca de soluções de problemas complexos, o trabalho por projetos, com frequência, requer o diálogo entre diversas áreas do conhecimento. Essa necessidade, ao proporcionar conexões com conteúdos de outras disciplinas, aproxima assuntos que pareciam, inicialmente isolados, favorecendo uma visão integrada e abrangente da natureza.

Na próxima seção faremos a proposição de um projeto integrador estrategicamente elaborado para o desenvolvimento de competências e habilidades.

Capítulo 2

Projeto Integrador para o Desenvolvimento de Competências e Habilidades

*Neste capítulo, será apresentado ao professor um projeto integrador desenvolvido em duas etapas distintas (**Aplicação de uma Sequência Didática e construção de protótipos de Gruas feitas em palitos de picolé**). Logo em seguida, será apresentado o design instrucional do mesmo, descrito e amparado pelos marcos teóricos utilizados. Também serão descritas, detalhadamente, as etapas da proposta.*

Primeiro momento: A Sequência Didática Interdisciplinar

A “interdisciplinaridade curricular” ocorre somente no campo da prática dos sujeitos como atos de aprendizagem e de apropriação mediada do mundo por meio de um plano de organização curricular, construindo formas integradoras de tratamento da cultura e do conhecimento, seja pela busca de alternativas didáticas, pela integração de conteúdos, ou pela estruturação de interfaces entre disciplinas na matriz curricular (THIESEN, 2013 p. 6).

Esta interface curricular voltada à interdisciplinaridade proporciona situações de aprendizagem positivas, ao aluno fazendo uma conexão entre vários ramos do conhecimento. Para Küller e Rodrigo (2012, p.6), as ocasiões de aprendizagem são as ações dos discentes, quando dirigidas pelo docente sendo dedicadas à absorção de uma ou várias competências antecipadas pelo plano de trabalho docente ou pelo plano de curso. Deste modo, as ocasiões de aprendizagem devem ser referenciadas e exigir a prática das competências. Sobre a formação curricular e sua interdisciplinaridade, Thiesen (2013, p. 6,) defende que:

[...] consideramos ser possível a adoção de formas integradoras de tratamento ao currículo disciplinar, seja pela integração dos conteúdos de conhecimento, pelas inter-relações nas diferentes disciplinas, pela projeção e adoção de metodologias dirigidas à integração ou ainda pela adoção de uma concepção de universalidade do conhecimento. O que não significa dizer que essas alternativas representem “interdisciplinaridade curricular”, já que o currículo, desde uma perspectiva epistemológica até sua materialização na forma escolar, vem legitimando formas cindidas de produção, organização e disseminação do conhecimento.

Tendo em vista esse arcabouço teórico, propomos e aplicamos uma Sequência Didática (SD) inicial, dado um contexto interdisciplinar, entre as disciplinas de Física e de Estabilidade das Construções. Disciplinas estas pertencentes ao PPC do Curso Técnico em Edificações, do IFPA Campus Bragança. Ambas possuem assuntos semelhantes, que permitem abordagens conjugadas de maneira a construir os pilares do Projeto Integrador para desenvolvimento de habilidades e competências em uma turma de Ensino Médio Técnico Integrado.

Um ponto riquíssimo a dar ênfase foi a oportunidade que os alunos tiveram ao serem orientados por duas óticas voltadas à mesma finalidade e propósito, ou seja, estudar e identificar as aplicações da estática relacionados ao dia a dia da construção civil.

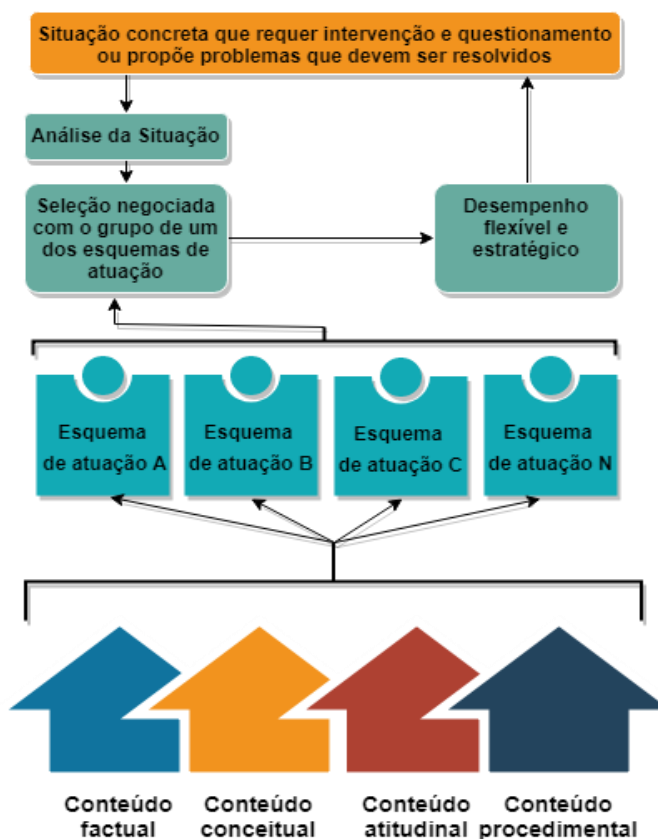
As atividades propostas na SD intencionam provocar no aluno a mobilização do que foi denominado por Zabala e Arnau (2010) de esquemas de atuação competente (figura 1).

Entre as atividades propostas, destacam-se aquelas por nós denominadas como **Atividades Mão na Massa**, que se constitui por um conjunto de ferramentas que permitem a obtenção de resultados quantitativos e palpáveis. Experiências como a participação em práticas experimentais estimulam o uso da linguagem matemática associada a uma situação real e incentiva o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades cognitivas e atitudinais, que são fundamentais no processo de aquisição do conhecimento em geral.

Tais procedimentos são abordados nesta SD em consonância com as propostas didáticas que ficaram consagradas com o nome de Sala de Aula Invertida e também conjugada com a metodologia denominada ensino sob medida (BERGMAN, 2015; NOVAK, 1999).

A SD proposta fornece ainda ao aluno a oportunidade de sair do contexto tradicionalmente previsto em livros textos, tendo em vista a oportunidade de ser aprendiz, quando se depara com a necessidade de projetar, construir e interagir com um modelo físico e matemático-computacional conforme será mostrado mais adiante.

Figura 1. Esquema de atuação competente proposto por Zabala e Arnau (2010)



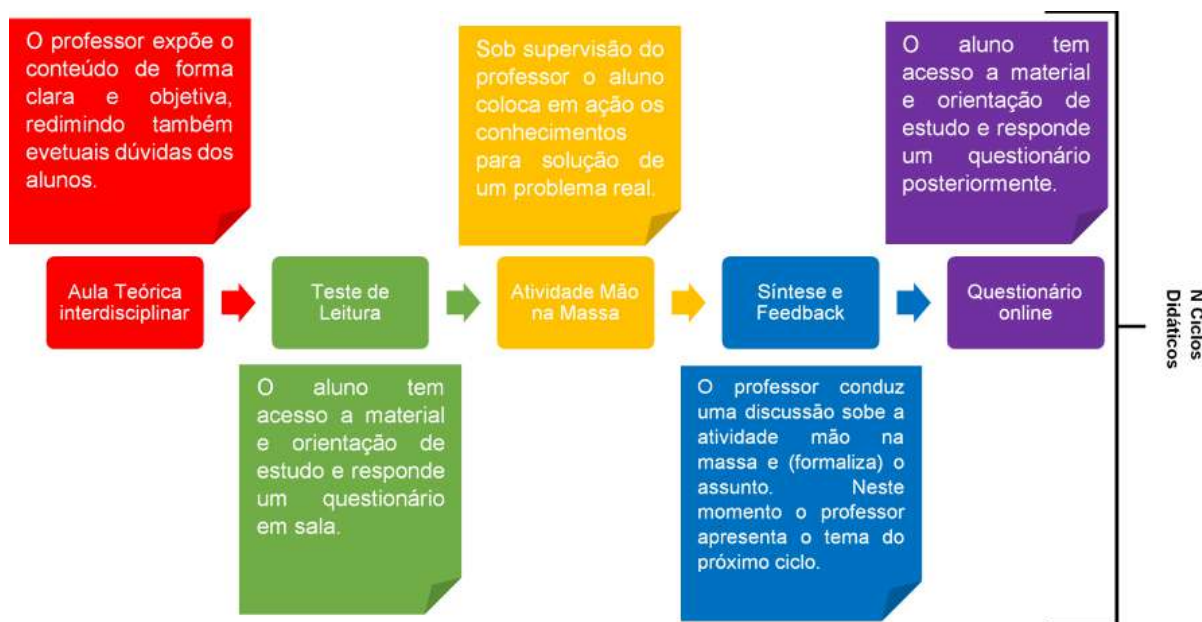
Fonte: Zabala e... *Apud* Costa (2018)

Ciclo Didático proposto para a SD

A Sequência Didática é composta por Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades (CDDCH) conforme está esquematizado na figura 2. Os CDDCH pretendem encadear as atividades garantindo maior dinamicidade e fluxo ao corpo maior da SD. Além dos CDDCH há ainda o Projeto Integrador (PI), o qual será detalhado mais adiante.

Os Ciclos têm 5 etapas distintas, alinhadas e complementares que serão sucintamente apresentadas nos itens abaixo. Tal estrutura tem origem em outro trabalho do mesmo grupo de pesquisa (COSTA 2018), no qual o autor traçou a espinha dorsal que aponta uma sequência que deu frutos no que tange o desenvolvimento de Competências e Habilidades. Iniciamos agora a descrição das etapas que compõem os CDDCH.

Figura 2. Representação dos Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades – CDDCH



Fonte: Autor

Aula teórica e contextualizada sobre conteúdos de Leis Newton e Estática

Exposição dos conteúdos de forma cuidadosamente elaborada, com temas correlatos que foram pontuados de forma sequencial e progressiva especialmente para despertar o primeiro e segundo nível de domínio cognitivo (**Lembrar e Entender**) proposto pela Taxonomia de Bloom (FERRAZ, 2010). Importante ressaltar a inserção da História da Ciência, nas aulas por meio da história dos cientistas ou da evolução dos conceitos da Física.

Teste de Leitura (TL)

O autor expõe uma sequência de Testes de Leitura selecionados especialmente para despertar o segundo nível de domínio cognitivo (**Entender**) proposto pela Taxonomia de Bloom²⁷ (FERRAZ, 2010).

A Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo é estruturada em níveis crescentes de domínio de complexidade cognitiva – do mais simples ao mais complexo – e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao

²⁷ Benjamin Bloom e seus colegas criaram uma divisão de objetivos educacionais em três partes: cognitiva, afetiva e psicomotora.

próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior²⁸. É válido ressaltar, entretanto que, embora seja uma conjectura plausível, não é imperativo que o domínio dos níveis cognitivos de Bloom segundo se dê em acordo com tal linearidade em sentido estrito. (COSTA, 2018)

Os TLs propostos, foram selecionados cuidadosamente de livros didáticos do acervo pessoal do autor e fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018, do Governo Federal para o Ensino Médio. As obras abrangem os temas centrais da Física clássica e da Física contemporânea, além de suas relações com o desenvolvimento tecnológico e outras áreas do conhecimento. São eles:

- **Pensando as ciências**, destinada a abordar a Física em outras áreas, como tecnologia, Fisiologia, etc.
- **Outras palavras**, destinada a ter a oportunidade de verificar como o assunto que está sendo estudado é tratado por outros pensadores, em outros contextos e mídias.
- **Integrando** que tem por objetivo proporcionar uma visão mais abrangente de um assunto estudado. Para tanto, relaciona conceitos comuns à Física e outras áreas do conhecimento como Matemática, Química e Biologia. Além disso, propõe questões e pesquisas relacionadas ao texto.

Segundo Costa (1987), os assuntos escolares devem ser tratados de forma significativa, traduzindo-se por isso na obrigação de serem relacionados ao que o indivíduo já conhece. O significado é desta forma, algo pessoal assim como a ideia de construtivismo, só alcançado através de esforço ativo de integração de novo conceito material às referências únicas individuais.

[...] construtivismo significa isto: a ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do Indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio [...] (BECKER, 1992, p. 88)

²⁸ Ver os níveis de domínio cognitivo propostos por Bloom na figura 3.5, página 32, expressos em ações - verbos - numerados em formato de escada, a partir do nível 1 até o 6, em ordem crescente de complexidade cognitiva.

Isto significa que novas ideias são introduzidas aos termos do aluno em relação à sua experiência pessoal e ao sistema de ideias. Este princípio também é compartilhado por Freire (1996): o educador somente terá êxito no processo de ensino aprendizagem quando este percebe que a educação ocorre através de um vínculo relacional professor aluno que envolva motivação.

Atividade mão na massa (MM)

Objetivos educacionais, a forma tradicional de ensino não se mostram suficientes para suprir as reais necessidades e desafios impostos aos alunos e professores. Para suprir tal necessidade propomos uma atividade de sala de aula planejada para ativar o terceiro nível de domínio cognitivo proposto por Bloom (**Aplicar**) (FERRAZ, 2010). Nas atividades MM, os alunos são expostos ao “fazer” uma atividade experimental retirada dos manuais de experimentais da Empresa AZEHEB laboratórios de Física, as quais, retratam a vida real ou a prática profissional. O mais importante é que tais situações propiciam intervenções e questionamentos por parte do estudante. Além disso, nesse formato de atividade é planejada a mobilização de conteúdos (factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais) com vistas ao desenvolvimento e à escolha de esquemas de atuação para análise e à solução de situação-desafio proposta pelo professor (ZABALA e ARNAU, 2010).

Síntese e feedback dialogado do ciclo e prévia do próximo

Ação devidamente planejada para a estimular o quarto e o quinto nível de domínio cognitivo proposto por Bloom²⁹ (**Analisar e Sintetizar**) (FERRAZ, 2010). Nessa etapa, o aluno reúne ideias para criar algo novo de modo a expor de maneira dialogada as soluções questões propostas na etapa anterior (atividade mão na massa). Também nessa mesma etapa o aluno tem acesso à solução proposta pelo professor, de forma a poder comparar os resultados entre o que foi por ele desenvolvido e aquilo que era esperado como esquema de solução competente. O professor também conduz os educandos a um diálogo que antecipa conceitos para o próximo ciclo a ser trabalhado.

Questionário Online com questões motivadoras, desafiadoras, instigantes e de cunho individual

²⁹ Não confundir níveis de domínio cognitivo de Bloom com os níveis de domínio de competência de Tobón.

Nessa seção o autor propôs uma seleção de atividades propostas, escolhidas cuidadosamente para verificar como a física funciona, para ampliar seus conhecimentos e relacioná-los com assuntos mais atuais. Tais atividades eram enviadas via smartfone para os alunos como atividade complementar, para um grupo de WhatsApp Pedagógico criado especificamente para tal finalidade. Nessa etapa chama-se a atenção também para questões sobre os temas tratados, por intermédio de aspectos conceituais.

Avaliação do Ciclo Didático (CDDCH)

A proposta de avaliação do aluno no CDDCH é feita como um processo contínuo que leva em consideração todas as etapas do ciclo. Desta forma o aluno é avaliado integralmente, de maneira processual, com foco nos objetivos de aprendizagem e nas habilidades e competências almejadas para serem desenvolvidas ao longo da SD e de todo o PI.

Mais especificamente, o processo avaliativo em todos os Ciclos Didáticos (CDs) se dá em quatro momentos.

- Aulas teóricas com bastante entusiasmo e dinamismo, abordando não só o conteúdo do dia, mas diversas aplicações práticas e tecnológicas do dia a dia. Suas estruturas eram feitas com a finalidade de construir uma representação realista das aprendizagens;
- Na etapa de estudo autônomo que ocorre durante o TL, o desempenho do aluno é analisado automaticamente, aferindo diretamente o quanto ele estudou o conteúdo proposto e conseguiu lembrar deste ao responder às questões propostas;
- No questionário online o aluno demonstra seu desempenho ao interpretar questões dos mais variados estilos. Sua avaliação tem por objetivo a correção dos erros, mas sem deixar de levar em conta o dizem representações dos alunos, para servir-se delas como pontos de entrada em seu sistema de pensamento (Astolfi, 1997).;
- Na atividade MM avalia-se o quanto o aluno, em conjunto com seu grupo, se aproximou de responder adequadamente ao desafio proposto;

Para cada critério e evidência, os indicadores são formulados em termos de níveis de domínio de competência proposto por Tobón (2010 p. 136), a fim de detalhar claramente os níveis de desempenho dos alunos quando executam as atividades (ver quadro 1).

Quadro 1: Níveis de indicadores observáveis da atuação do aluno.

Indicadores observáveis da atuação competente	
Nível	Características (observáveis da atuação discente)
Nível 1 Insuficiente	Não apresenta noções básicas sobre o conteúdo portanto, não apresenta indícios da atuação competente.
Nível 2 Inicial	Tem noções básicas sobre o assunto e algumas abordagens ao critério considerado. Requer suporte contínuo para poder apresentar indícios de atuação competente.
Nível 3 Básico	Tem alguns conceitos essenciais da competência trabalhada e pode resolver problemas simples.
Nível 4 Autônomo	Conhece seu processo formativo, tem critérios e consegue discutir os processos e resultados.
Nível 5 Inovador	Consegue fazer a análise das situações enfrentadas de maneira rápida. Apresenta criatividade e inovação.

Fonte: Costa (2018)

Explicitando os Ciclos Didáticos da SD

Cada um dos ciclos didáticos da SD possui a mesma estrutura de etapas com o mesmo sequenciamento. Isso se faz relevante destacar para evitar redundâncias desnecessárias na descrição da aplicação. Abaixo explicitamos 3 elementos dos ciclos aplicados, de modo que o leitor tenha uma ideia da estrutura aplicada na SD (**Teste de Leitura TL, Atividade Mão na Massa e Questionário Online**).

Primeiro Ciclo: Os Princípios Fundamentais da Dinâmica

Conforme já destacado, a primeira etapa de cada ciclo é sempre composta pelo teste de leitura, que os alunos recebiam logo após a explanação do conteúdo³⁰. Com uma semana de antecedência em seu aplicativo de celular era enviado a indicação do material referente ao questionário online, como também orientações necessárias às atividades.

³⁰ As lâminas das aulas teóricas serão exibidas no Anexo B.

O que se almeja com o Ciclo 1?

Conceituar ponto material isolado. Enunciar a primeira Lei de Newton, compreender as causas da mudança de um movimento, entender o conceito de inércia. Apresentar o conceito, enunciar a segunda Lei de Newton, relacionar força, massa e aceleração de um corpo, identificar o peso como uma força, classificar as forças, diferenciar massa inercial de massa gravitacional, enunciar a terceira Lei de Newton, identificar os pares de ação e reação nos exemplos cotidianos dinâmicos de força.

Competência Específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Teste de Leitura Ciclo 1 (TLC1)

Ausência de peso aparente³¹

Vemos constantemente imagens de astronautas flutuando no interior do ônibus espacial ou da Estação Espacial Internacional e falamos deles como se não tivessem peso. Na verdade, a força da gravidade na altitude em que se encontra o ônibus espacial não é muito menor que na superfície da Terra e, portanto, o peso dos astronautas é quase igual ao peso na superfície da Terra o que os faz flutuar é o fato de que também estão em órbita.

A única força que age sobre uma nave em órbita é a gravidade terrestre. Isto significa que a nave está sendo continuamente atraída para o centro da Terra; podemos dizer que está caindo o tempo todo e só não se choca com a superfície porque possui uma alta velocidade tangencial. Acontece que o mesmo se aplica a todos os corpos que se encontram no interior da nave. Se um astronauta sobe em uma balança, por exemplo, a balança está caindo com a mesma velocidade que ele, e, portanto, registra um peso igual a zero, logo, a ausência de peso é apenas aparente.

Fonte: TREFIL, James, Robert M. Física viva. V. 1.: uma introdução à física conceitual. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, v.1, p. 110.

Agora responda

1. Ao subirmos em uma balança, aplicamos nela uma força vertical, de cima para baixo e de intensidade igual a força com que a gravidade da Terra nos puxa para seu centro. Por sua vez, o que faz a balança? (Explique de acordo com a 3ª Lei de Newton).

Feedback para o aluno: A balança reage com uma força de igual intensidade, na mesma direção e no sentido oposto. Portanto, a leitura que fazemos na balança corresponde ao equivalente em massa da força de reação da balança.

2. Um astronauta em órbita vivencia apenas uma das maneiras de verificar o peso aparente. Há outras situações que permitem essa mesma sensação. Imagine que

³¹ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro TREFIL, James, Robert M. Física viva. V. 1.: uma introdução à física conceitual. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, v.1, p. 110.

você está em um elevador parado, você faz uma primeira leitura. Ao apertar o botão para 20º andar, você percebe que na subida a leitura da balança é outra. Qual é a sua hipótese: o valor registrado é maior ou menor que o inicial? Justifique.

Feedback para o aluno: Ao subir, o número mostrado pela balança será maior, uma vez que há uma força resultante para cima. O piso, exercendo essa força sobre seus pés, faz que eles reajam com uma força vertical para baixo, tornando-se maior que a intensidade da força peso da situação inicial.

3. Agora pense na situação oposta: após parar no 20º andar, você percebe que a leitura da balança é a mesma que no térreo. Durante a descida, o que acontecerá com o número registrado na balança? Justifique.

Feedback para o aluno: Ao descer, o número marcado pela banca será menor, uma vez que há uma força resultante para baixo. Nessa situação a força com que pressionamos a balança é reduzida na intensidade da força resultante pelo elevador na descida.

Mão na massa do Ciclo 1 (Inércia) (MMC1)

Materiais:

Copos plásticos, folhas de papel sulfite e moedas.

Alunos

Figura 3. Ilustração do experimento Mão na Massa Ciclo 1



Fonte: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Como mover o papel debaixo da moeda da [figura 1.1](#), sem tocar nela, fazendo com que esta permaneça no mesmo lugar? Sua resposta é válida para qualquer velocidade?

Descreva utilizando os termos da física em que objetos você observou mudança no estado de movimento? Faça suas considerações.

Perguntas instigantes

Quando você puxa o papel lentamente, por quê os objetos se movem com ele?

O atrito é o mesmo se você puxar rapidamente?

Se utilizássemos uma bolinha de Poliestireno (Isopor) ou uma de aço, o fenômeno observado seria o mesmo? Com a mesma intensidade? Por quê?

Questionário online

Questão 1: Enuncie a lei física à qual o herói da “tirinha” se refere.

Figura 4 Ilustração do Princípio da Inércia



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno:

Princípio da inércia (primeira lei de Newton): um corpo livre da ação de forças tende a manter constante sua velocidade vetorial.

Questão 2: Um ponto material está em repouso em relação a um referencial inercial. É necessária a aplicação de uma força para tirá-lo do estado de repouso?

Feedback para o aluno:

Sim. A força aplicada ao ponto é a causa da variação de sua velocidade.

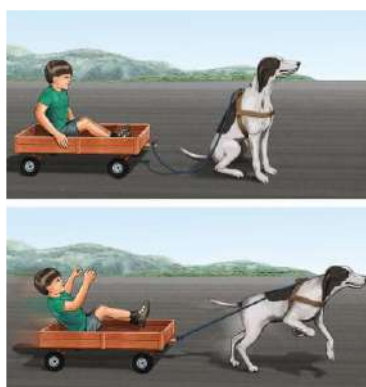
Questão 3: É necessária a aplicação de uma força para manter um ponto material em movimento retilíneo uniforme?

Feedback para o aluno:

Não. A força, quando não equilibrada, produz no ponto material variação de velocidade.

Questão 4: Observe as cenas abaixo. Comente o que ocorreu com o menino utilizando o conceito de inércia.

Figura 5. Ilustração do Princípio da Inércia



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno:

Quando o cão entra em movimento, o menino, em repouso em relação ao solo, tende por inércia a permanecer em repouso. Note que em relação ao carrinho o menino é atirado para trás.

Questão 5: (motivadora)

Já tiveram que empurrar um carro avariado? Certamente já se interrogaram porque motivo têm que fazer imensa força nos primeiros momentos, mas mal o carro começa a andar a tarefa fica bastante mais fácil?

Por quê será que pôr o carro em movimento custa tanto? O peso do carro

é o mesmo, quer esteja parado ou em movimento, e ninguém está a fazer força no sentido

contrário.... Logo, o que o faz parecer "mais pesado" naquele momento inicial?

O Princípio da Inércia, ou Primeira Lei de Newton, diz que "um objeto tende sempre a manter o seu estado de movimento, este podendo também ser o de repouso, se não houver a ação de forças externas". Como fazer um experimento físico que demonstre isso?

Feedback para o aluno:

No caso de um automóvel parado que queiram empurrar, é a resistência que irão sentir para o colocar em movimento. E da mesma forma, é a inércia que faz com que os automóveis necessitem de travões; pois quando estão em movimento, mesmo que deixem de pisar o acelerador, o automóvel terá o desejo de continuar em frente à mesma velocidade (embora desacelerando devido às forças de atrito, como a resistência do ar, do rolamento dos pneus, etc.)

Questão 6: (Desafio)

Figura 6. Ilustração do experimento Mão na Massa Ciclo 1



Fonte: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo³²

Como mover o papel debaixo da moeda da [figura 1.3](#) sem tocar nela, fazendo com que esta permaneça no mesmo lugar? Sua resposta é válida para qualquer velocidade?

Descreva utilizando os termos da física em que objetos você observou mudança no estado de movimento? Faça suas considerações.

³² PUC-SP Leis de Newton, disponível na internet no site < <http://www.pucsp.br/pos/ce-sima/schenberg/alunos/fernandacardoso/Leis%20de%20Newton.htm> > em 09 de agosto de 2018

Feedback para o aluno:

É necessário que uma força $\vec{F}$ tenha uma intensidade mínima para que a moeda escorregue sobre o cartão.

Questão 7: (Força e a Primeira Lei de Newton) Perguntas instigantes

Materiais de construção diferentes A B e C repousam sobre o piso do canteiro de obra e devem ser deslocados por unidades escavo-empurradoras ([figura 7](#)). Ordene em ordem decrescente quanto ao valor da resistência que eles oferecem ao movimento. Explique seu ordenamento em termos físicos.

Figura 7. Figura ilustrativa da questão.

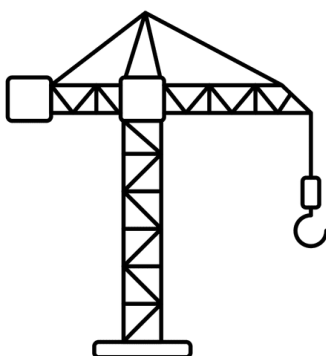


Fonte: Costa (2018)

Feedback para o aluno: *Maior massa equivale a maior inércia*

Questão 8: Uma grua (como na [figura 8](#)) é responsável por elevar cargas em uma caçamba de até 300 kg em um canteiro de obras. Inicialmente a caçamba sobe com uma aceleração de $0,4 \text{ m/s}^2$. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Qual a tração, em Newtons, o cabo deve suportar?

Figura 8. Ilustração de uma grua ou elevador de obra para a questão.



Fonte: Costa (2018)

Feedback para o aluno:

Deve-se calcular a força resultante no cabo. Duas forças externas atuam no elevador: o peso (com intensidade de $300 \cdot 10 = 3000 \text{ N}$) e a tração no cabo (vertical e para cima). Como a aceleração é vertical e para cima, podemos concluir que a força resultante também é. Assim, a intensidade da força de tração no cabo é maior que a força peso. Pelo princípio fundamental da dinâmica temos:

$$F_{res} = m \cdot a \Rightarrow T - 3000 = 300 \cdot 0,4 \Rightarrow T - 3000 = 120 \Rightarrow T = 3120 \text{ N}$$

Questão 9: A figura 9, mostra um caminhão **A** “Bitrem” puxando um comboio com dois vagões **B** e **C**, no instante em que a aceleração tem módulo igual $a = 0,2 \text{ m/s}^2$, direção horizontal e sentido da direita para esquerda. O caminhão **A** tem massa $m_c = 5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ e cada vagão tem massa $m_v = 8 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

Figura 9. Representação de um caminhão com dois vagões.



Fonte: Costa (2018)

a) Indique a direção e o sentido da força resultante sobre o conjunto e calcule o seu módulo.

Feedback para o aluno:

Pelo princípio fundamental da dinâmica temos:

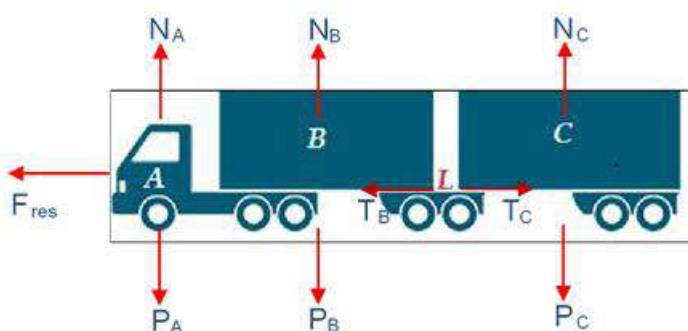
$$F_{res} = m \cdot a \Rightarrow F_{res} = [5 \cdot 10^3 + 2 \cdot (8 \cdot 10^3)] \cdot 0,2 \Rightarrow F_{res} = 4200 \text{ N}$$

Direção horizontal, sentido da direita para a esquerda.

b) Faça a representação das forças atuantes em A, B e C.

Feedback para o aluno:

Figura 9 (a): representação de um caminhão com dois vagões, com forças aplicadas



Fonte: Costa (2018) - Adaptado

c) Para as condições postas na questão. Qual a resistência mínima recomendada para o elemento de ligação L?

Feedback para o aluno:

Pelo princípio fundamental da dinâmica temos:

$$F_{res} = m * a \Rightarrow T_C = m_C * a \Rightarrow T_C = 8 * 10^3 * 0,2 \Rightarrow T_C = 1600 \text{ N}$$

d) O que acontece com o conjunto **AB** se o vagão **C** for liberado durante o movimento? (Considere desprezível a massa do elemento **L**)

Feedback para o aluno:

Considerando o princípio fundamental da dinâmica temos, temos que a massa do conjunto irá diminuir, conseqüentemente a força resultante também, considerando a mesma aceleração.

Para todas as respostas destaque: Que conceitos ou equações você precisa para responder e quais os passos necessários para responder.

Questão 10: Na figura abaixo, temos uma maçã sobre uma mesa.

Figura 10 maçã apoiada sobre a mesa.



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

a) Represente todas as forças que agem sobre a maçã.

b) Onde estão aplicadas as correspondentes reações?

Feedback para o aluno: a) Sobre a maçã agem o peso $\vec{P}$ e a força normal $\vec{F}_N$. Fig. 10(a)

b) A reação do peso $\vec{P}$ da maçã é a força $-\vec{P}$ aplicada no centro da Terra. A reação da força normal $\vec{F}_N$ é a força $-\vec{F}_N$ aplicada na mesa: Fig. 10(b)



Fig. 10(a)

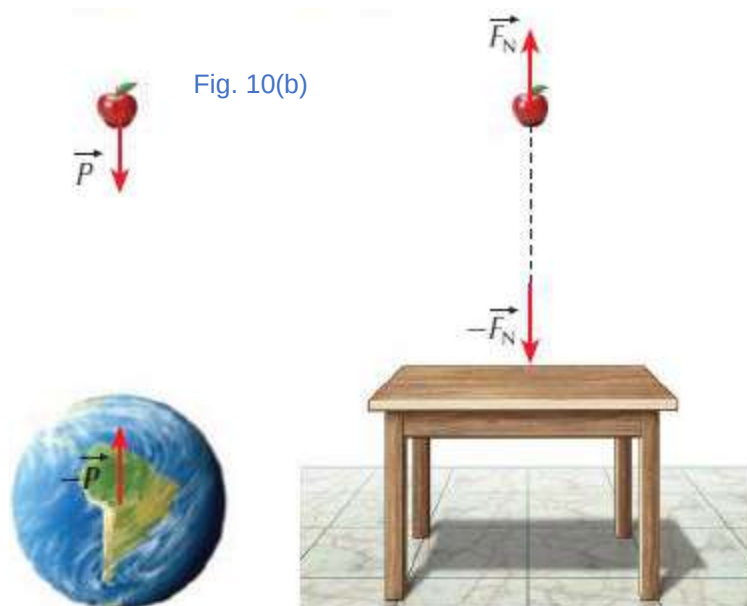


Fig. 10(b)

Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 1

Rubrica de avaliação do Ciclo 1: Os Princípios Fundamentais da Dinâmica					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos dos Princípios Fundamentais da Dinâmica.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as Leis de Newton na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) - Adaptado

Ciclo 2 Ciclo 2 Equilíbrio de um ponto Material

O que se almeja com o Ciclo 2?

- Analisar o sistema de forças aplicadas a um ponto material;
- Determinar a resultante das forças aplicadas em um ponto material em diferentes situações;
- Conceituar equilíbrio de um ponto material;
- Analisar as forças que atuam em um ponto material em equilíbrio;
- Impor as condições de equilíbrio pelo método da linha poligonal ou pelo método das projeções.

Competência Específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Teste de Leitura Ciclo 2 (TLC2)

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Arquitetura³³

A palavra arco é proveniente do latim arcus, e na arquitetura significa um elemento construído em curva, que é arredondado. Geralmente de alvenaria, emoldura a parte superior de um vão, suportando o peso vertical do muro em que se encontra. A engenharia sempre teve um sério problema a resolver quanto à cobertura dos edifícios. Na caldeia(atual território do Iraque), os construtores dispunham tijolos de modo que o seu próprio peso os mantivesse em equilíbrio, formando abóbodas. Os arcos têm a função prática de distribuição de carga, em que a ação da força peso sobre as paredes é distribuída lateralmente, comprimindo as paredes.

As abóbodas e os arcos foram largamente empregados nas construções romanas. Os arcos romanos permitiram o alcance de maiores vãos. Na Idade Média, os arcos do estilo gótico permitiram vãos mais altos. No Brasil há construções que nos remetem a esse estilo, como a Catedral de São Pedro de Alcântara, em Petrópolis, no Rio de Janeiro.

Figura 11 Catedral da Sé



(Fonte: Domínio Público – Acesso em 15/02/19)

<https://checkinsaopaulo.com/catedral-da-se/>

Catedral Metropolitana de São Paulo ou Catedral da Sé, sua construção se iniciou-se em 1913 sendo inaugurada em 1954, mas finalizada apenas em 1967. Foto de 2015

³³ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Mecânica volume 1, de autoria Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016).

AGORA RESPONDA:

1. Alguns espaços culturais, como o Catavento, em São Paulo, apresentam uma atração bastante curiosa, que é a ponte em um arco romano. Por meio de blocos em madeira, a ponte é construída rapidamente por encaixe, sobre um suporte de metal, também em arco. Explique como isso é possível?

Feedback para o aluno:

A ponte em arco é atraída pela Terra por meio da força peso. Esta força é resultante da soma das forças peso individuais de cada bloco. Em conjunto, essas forças passam pelo centro de gravidade da ponte, que garante o equilíbrio.

2. A simetria da figura geométrica do arco ajuda nas questões físicas do equilíbrio estático? Justifique sua resposta.

Feedback para o aluno:

Sim, uma vez que o centro de massa coincide com o centro geométrico.

Mão na massa do Ciclo 2 (MMC2)**Equilíbrio de um corpo rígido.****Materiais:**

01 tripé tipo estrela 1kg de ferro fundido com manípulo e sapatas niveladoras;

01 haste $\varnothing 12,7 \times 400 \text{ mm}$;

01 fixador metálico com haste para pendurar travessão;

06 massas aferidas de 50g com gancho para acoplamento rápido;

01 travessão de metal com 15 furações e escala 20cm - 0 - 20cm;

Figura 12. Equilíbrio de corpos rígidos



Fonte: AZEHEB - Laboratórios de Física (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

Descrever os fatores que determinam se dois objetos se equilibrarão entre si;

Prever como mudar a posição de uma massa na balança afetará o movimento da balança;

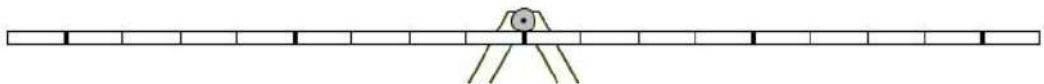
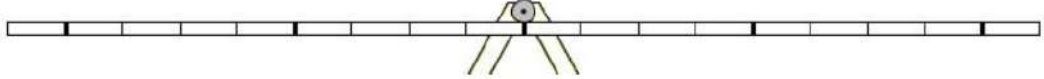
Usar um equilíbrio para encontrar as massas de objetos desconhecidos.

Instruções:

1. Explore a simulação do Balanço com seu parceiro. Ao explorar, fale sobre o que você encontra com seu parceiro (cerca de 5 minutos).
2. Há mais de uma maneira de obter dois objetos com massas idênticas para equilibrar? Como?
3. Em seguida, tente obter dois objetos com massas diferentes para equilibrar. Tente descrever pelo menos duas formas diferentes que você conseguiu equilibrá-las e desenhá-las abaixo.

Certifique-se de rotular as massas e a distância de cada massa a partir do centro (ponto de giro).

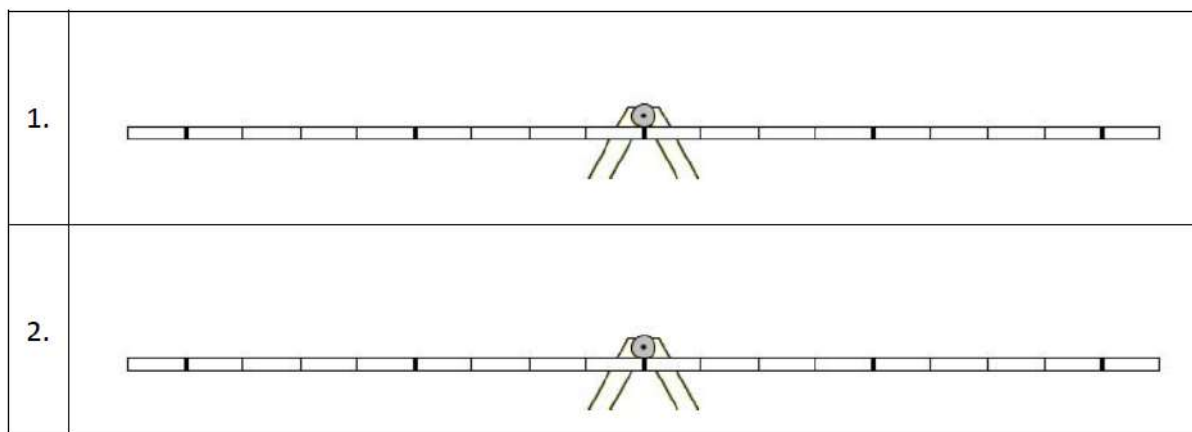
Figura 13. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)

1.	
2.	

Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

4. Desenhe dois exemplos de balanceamento de uma única massa em um lado com duas outras massas
Certifique-se de rotular as massas e a distância de cada massa a partir do centro (ponto de giro).

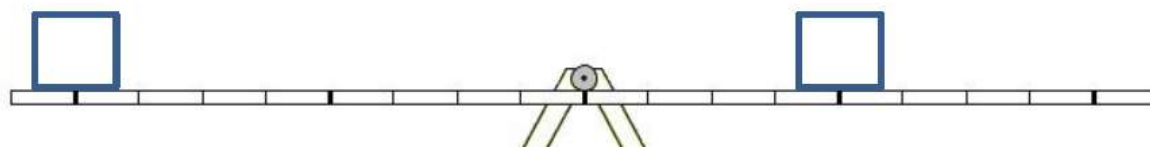
Figura 14. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)



Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

5. Para suas fotos na Questão 4, desenhe as forças de cada massa.
6. Tente desenhar o que acontecerá em seguida, se a caixa à esquerda for de 45 kg e a caixa à direita for de 60 kg.

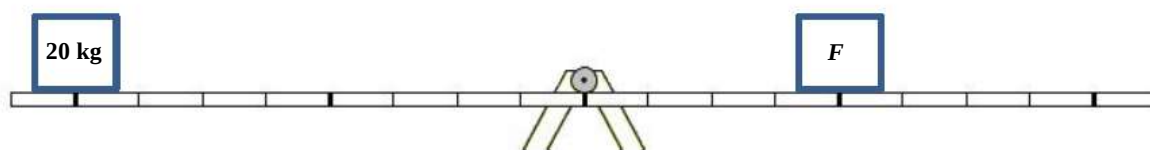
Figura 15. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)



Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

7. Desafio! Qual é a massa do objeto misterioso F? Explique como você determinou a massa.

Figura 16. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)



Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

Questionário online

1. Na figura, um corpo de peso 120 N encontra-se em equilíbrio, suspenso por um conjunto de três fios ideais **A**, **B** e **C**. Calcule as intensidades das trações $\vec{T}_A$, $\vec{T}_B$ e $\vec{T}_C$, respectivamente nos fios **A**, **B** e **C**.

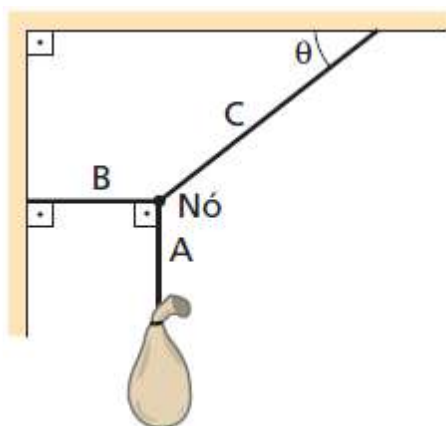


Figura 17. peso articulado

$$\sin \theta = 0,60$$

$$\cos \theta = 0,80$$

Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física
(2007)

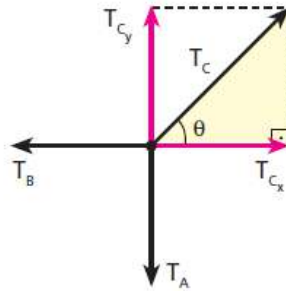
Feedback para o aluno:

Figura 17(b). Distribuição de forças

A tração no fio A tem a mesma intensidade do peso do corpo:

$$T_A = 120 \text{ N}$$

Representemos as forças de tração que os fios exercem no nó e façamos a decomposição dessas forças segundo a vertical e a horizontal:



Do equilíbrio, vem:

$$T_{Cy} = T_A \Rightarrow T_C \cdot \sin \theta = T_A \Rightarrow T_C \cdot 0,60 = 120$$

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

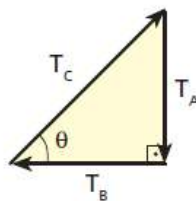
$$T_B = T_{Cx} \Rightarrow T_B = T_C \cdot \cos \theta \Rightarrow T_B = 200 \cdot 0,80$$

$$T_B = 160 \text{ N}$$

Figura 17(c). Triângulo de forças

Nota:

- Também podemos determinar T_B e T_C lembrando que o polígono das forças de tração exercidas pelos fios no nó é fechado.



Assim, temos:

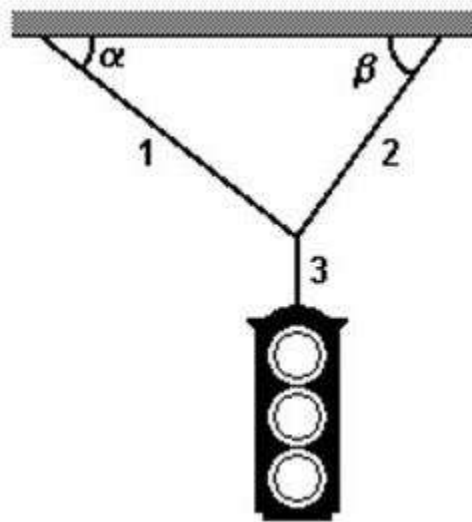
$$\sin \theta = \frac{T_A}{T_C} \Rightarrow 0,60 = \frac{120}{T_C} \Rightarrow T_C = 200 \text{ N}$$

$$\cos \theta = \frac{T_B}{T_C} \Rightarrow 0,80 = \frac{T_B}{200} \Rightarrow T_B = 160 \text{ N}$$

Questão motivadora

2. (Unesp 2003) Um semáforo pesando 200 N está pendurado por três cabos conforme ilustra a figura. Os cabos 1 e 2 fazem um ângulo α e β com a horizontal, respectivamente.

Figura 18. semáforo articulado



Fonte: Autor

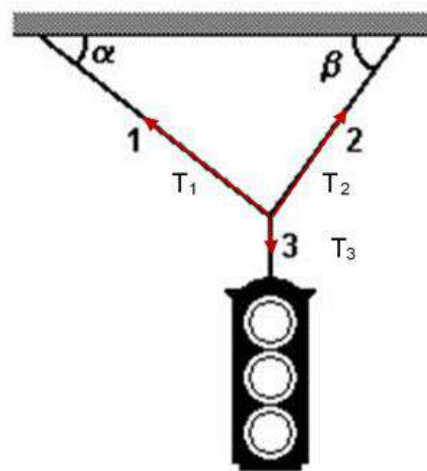
- Em qual situação as tensões nos fios 1 e 2 serão iguais?
- Considerando o caso em que $\alpha = 30^\circ$ e $\beta = 60^\circ$, determine as tensões nos cabos 1, 2 e 3.

Dados: $\sin 30^\circ = 1/2$ e $\sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$

Feedback para o aluno:

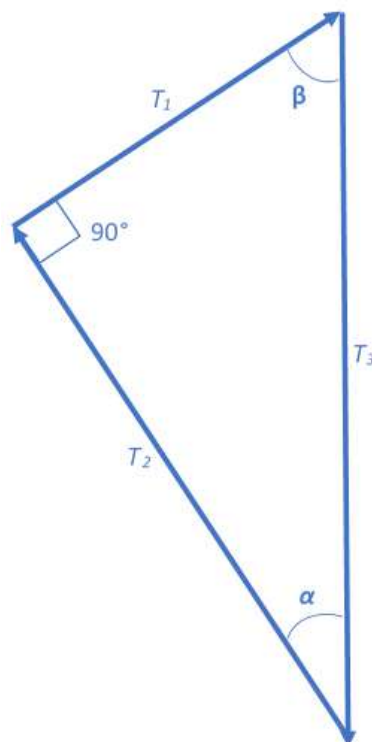
- $\alpha = \beta$
- Primeiramente vamos distribuir as forças aplicadas ao conjunto.

Figura 18 (a). semáforo articulado com forças atuantes



Fonte: Autor

Posteriormente vamos contruir um triângulo de forças (Fig. 18b) para aplicar a Lei dos Senos



Fonte: Autor

Uma informação importante é que o valor de T_3 é igual ao peso do semáforo $P_{\text{semáforo}} = 200\text{N}$, visto que o Sistema está em equilíbrio.

Sendo assim Podemos utilizar a Lei dos Senos para calcular o valor das outras forças.

Fazendo então T_1 com T_3 , temos:

$$\frac{T_1}{\text{sen}30^\circ} = \frac{T_3}{\text{sen}90^\circ} \rightarrow \frac{T_1}{0,5} = \frac{200}{1} \rightarrow T_1 = 100\text{N}$$

Do mesmo modo podemos utilizar a Lei dos Senos para calcular o valor da força T_2 .

Fazendo então T_2 com T_3 , temos:

$$\frac{T_2}{\sin 60^\circ} = \frac{T_3}{\sin 90^\circ} \rightarrow \frac{T_2}{\sin 60^\circ} = \frac{200}{1} \rightarrow T_2 = 200 \sin 60^\circ = 100\sqrt{3} \text{ N}$$

Obs.: Poderíamos ter calculado as forças T_1 e T_2 , também com relações trigonométricas do seno e cosseno. Todavia a Lei dos senos é aplicável para diversos tipos de triângulos, e não apenas os triângulos retângulos da referida questão.

Desafio

3. (UFRJ) Os antigos romanos foram os primeiros a usar extensivamente o arco arquitetônico em suas construções. A propriedade mais notável do arco é que as pedras que o compõem permanecem em equilíbrio devido somente às forças mútuas de contato, sem necessidade de argamassa para cimentá-las umas às outras. Considere que o arco representado na figura abaixo está, desse modo, em equilíbrio e que cada uma de suas pedras pesa 150 N. Determine a direção e o sentido da resultante das forças que as pedras laterais D e E exercem sobre a pedra central C e **calcule seu módulo e justifique sua resposta.**

Figura 19. arco romano

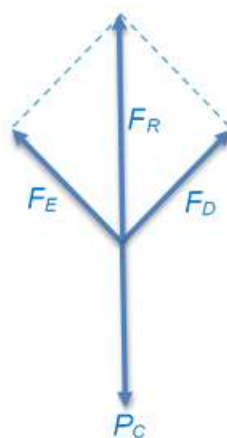


Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno:

Fazendo a distribuição das forças ao sistema, percebemos que a força resultante tem o mesmo valor da força sobre a pedra C , logo concluímos que o valor corresponde a 150N vertical, para cima.

Figura 19 (a). Distribuição de forças



Fonte: Autor

Pergunta instigante

4. Explique por que a vara comprida é mais útil para um equilibrista se ela for curvada para baixo, conforme mostra a figura.

Figura 20. homem em equilíbrio



Fonte: <https://blogs.oglobo.globo.com/blog-do-acervo/post/o-que-aconteceu-com-o-equilibrista-que-ha-45-anos-caminhou-entre-torres-do-world-trade-center.html> (s/d)

Feedback para o aluno:

A vara curvada para baixo faz com que o centro de gravidade do sistema homem-vara fique abaixo do ponto de apoio O. Se o sistema for afastado da posição de equilíbrio, o peso P terá momento em relação a O restaurando a posição de equilíbrio.

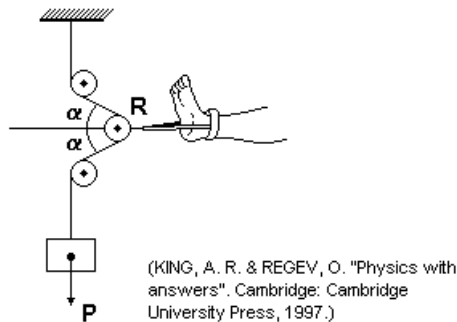
Figura 20 (a). homem em equilíbrio com centro “O”



Fonte: <https://blogs.oglobo.globo.com/blog-do-acervo/post/o-que-aconteceu-com-o-equilibrista-que-ha-45-anos-caminhou-entre-torres-do-world-trade-center.html> (s/d)

5. (Uerj 2002) Em uma sessão de fisioterapia, a perna de um paciente acidentado é submetida a uma força de tração que depende do ângulo α , como indica a figura a seguir.

Figura 21. Homem tracionando a perna



O ângulo α varia deslocando-se a roldana R sobre a horizontal.

Se, para um mesmo peso P, o fisioterapeuta muda α de 60° para 45° , o valor da tração na perna fica multiplicado por:

- a) $\sqrt{3}$
- b) $\sqrt{2}$
- c) $(\sqrt{3})/2$
- d) $(\sqrt{2})/2$

Feedback para o aluno: Pelas relações trigonométricas em um triângulo retângulo, podemos dizer que o Cosseno do ângulo equivale à razão entre a componente x da tração e a própria tração

$$\cos 60^\circ = T_x/T \Rightarrow T_x = T \cdot \cos 60^\circ$$

Condição de equilíbrio no eixo x -

$$2T_x = F(\text{força da perna})$$

$$2(T \cdot \cos 60^\circ) = F$$

$$T = F/2 \cdot \cos 60^\circ$$

$$T = F/2 \cdot 0,5$$

$$T = F$$

Diminuindo o ângulo para 45° , teremos -

$$\cos 45^\circ = T_x/T \Rightarrow T_x = T \cdot \cos 45^\circ$$

Nova condição de equilíbrio no eixo x -

$$2T_x = F'$$

$$2(T \cdot \cos 45^\circ) = F'$$

$$2(F \cdot \sqrt{2}/2) = F' \Rightarrow F \cdot \sqrt{2} = F'$$

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 2

Rubrica de avaliação do Ciclo 2: Equilíbrio de um ponto material					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos do Equilíbrio de um ponto material.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as condições de equilíbrio na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) - Adaptado

Ciclo 3 Momento de uma força em relação a um ponto

O que se almeja com o Ciclo 3?

- Conceituar momento de uma força.
- Classificar o momento da força como positivo ou negativo.
- Analisar o momento e a resultante de um binário.
- Apresentar a unidade de momento de uma força no Sistema Internacional de Unidades.

Competência Específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos

variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Teste de Leitura Ciclo 3 (TLC3)

Pensando as ciências: Física e Fisiologia

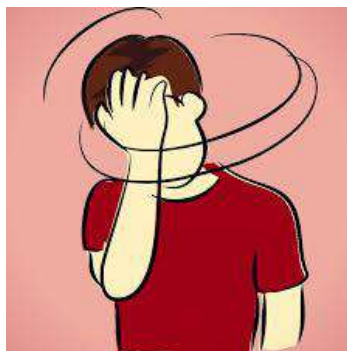
Desequilíbrio e labirintite³⁴

Algumas vezes, principalmente quando nos levantamos rapidamente, podemos sentir uma leve tontura. Apesar de comum quando esporádica, essa sensação pode ser sintoma de uma doença crônica. O corpo humano tem estratégias para se

³⁴ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Mecânica volume 1, de autoria Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016).

manter em equilíbrio. Por meio do sistema nervoso central e vestibular, o cérebro reconhece sinais e percebe sua posição em relação à superfície de apoio. Quando isso não acontece de maneira correta, uma das consequências pode ser a labirintite.

Figura 22. Pessoa com tontura



(Fonte: Domínio Público – Acesso em 15/02/19)

<https://www.google>.

O que é o labirinto?

Localizado na orelha interna, tem função auditiva e também é responsável pelo equilíbrio.

Como o cérebro interpreta o movimento?

Dentro do labirinto, existe um líquido chamado endolinfa, que fica em contato com as células ciliares. Esses líquidos acompanham o movimento da cabeça por menores que sejam. As células ciliares captam os movimentos da endolinfa. O movimento é transformado em sinal elétrico, que segue para o cérebro. Este interpreta o movimento e atua na estabilização do corpo.

Vertigem, tontura e desequilíbrio

Ocorrem quando as células ciliares não conseguem avisar o cérebro.

Tipos de tontura:

- Sensação de afundamento;
- Flutuação queda;
- Sensação de que o meio ambiente se movimenta;
- Sensação de que o corpo se mexe quando está parado.

Agora responda

1. Você conhece um instrumento usado em construções e reformas chamado nível? Ele serve para marcar corretamente a horizontal, por exemplo, na instalação de uma

prateleira. Na parte central do nível há uma cápsula transparente com um líquido. Uma bolha de ar pode se deslocar facilmente pela cápsula de modo que a posição horizontal é obtida quando a bolha coincide com o centro da cápsula. Que analogia é possível fazer entre o nível e o labirinto da orelha humana?

Feedback para o aluno:

Dentro labirinto também há um líquido, a endolifa, que incita as células ciliares a produzir estímulos elétricos que serão interpretados pelo cérebro como equilíbrio ou desequilíbrio.

2. É muito comum em festas infantis mexicanas e americanas um jogo que consiste em acertar, com um cabo de madeira e olhos vendados, uma pinhata repleta de balas e doces. No Brasil, temos uma festa semelhantes nas festas juninas, que é prender, também de olhos vendados, um objeto que se assemelha um rabo em uma figura que representa um burro. Em ambos os casos, para tornar a brincadeira mais divertida, gira-se a pessoa algumas vezes de soltá-la. O que geralmente acontece nessas situações?

Feedback para o aluno:

Com os olhos vendados, a pessoa não tem como contar com sentido sensorial da visão e, após ter girado algumas vezes, ela também fica desorientada quanto à posição espacial. Dificilmente nessas condições a pessoa conseguirá acertar a pinhata ou a posição certa do rabo do burro, além de correr o risco de cair ao tentar caminhar.

Mão na massa do Ciclo 3 (MMC3)

Mesa de Força

Materiais:

- 01 dinamômetro de 2N e precisão 0,02N;
- 02 tripés tipo estrela com manípulo;
- 01 haste 25cm com furo;
- 01 haste 25cm;
- 04 massas aferidas de 50g com gancho;
- 01 disco transferidor Ø235mm;

01 mesa circular Ø20cm com base e 03 roldanas;

01 carretel de linha;

01 fixador metálico com haste 3cm;

01 unidade de armazenamento 40x50cm;

Figura 23. Mesa de força



Fonte: AZEHEB – Laboratórios de Física (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

Adição de vetores;

Força resultante;

Força equilibrante;

Composição de forças;

Decomposição de forças;

Equilíbrio de um ponto.

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto;
02. Preencher tabela abaixo.

$m = 100g$			
F_1		α_1	
F_2		α_2	
F_3		α_3	
F_R		α_R	

Atividades

1. Como voce determinou as forças que as massas aferidas exercem? Por quê?
2. Que conclusão voce pode tirar sobre a relação entre a força do dinamômetro e a resultante entre as três forças das massas penduradas?
3. Qual é a força resultante de todas as forças envolvidas no experimento? Justifique.

Questionário online

1. A figura abaixo ilustra uma ferramenta utilizada para apertar ou desapertar determinadas peças metálicas.

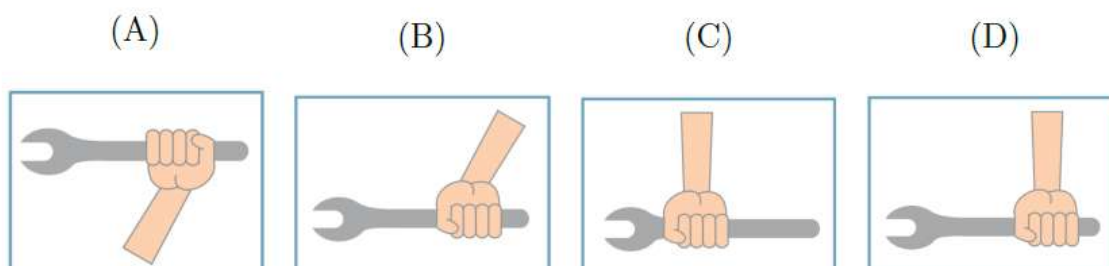
Figura 24. ferramenta



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Para apertar uma peça, aplicando-se a menor intensidade de força possível, essa ferramenta deve ser segurada de acordo com o esquema indicado em:

Figura 24(a). Ferramentas

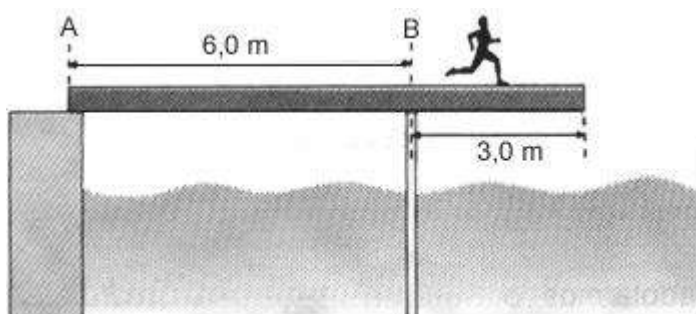


Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Feedback para o aluno: D)

2. (PUC-MG) Na figura desta questão, um jovem de peso igual a 600 N corre por uma prancha homogênea, apoiada em A e articulada no apoio B. A prancha tem o peso de 900 N e mede 9,0 m. Ela não está presa em A e pode girar em torno de B. A máxima distância que o jovem pode percorrer, medida a partir de B, sem que a prancha gire, é:

Figura 25. homem na prancha



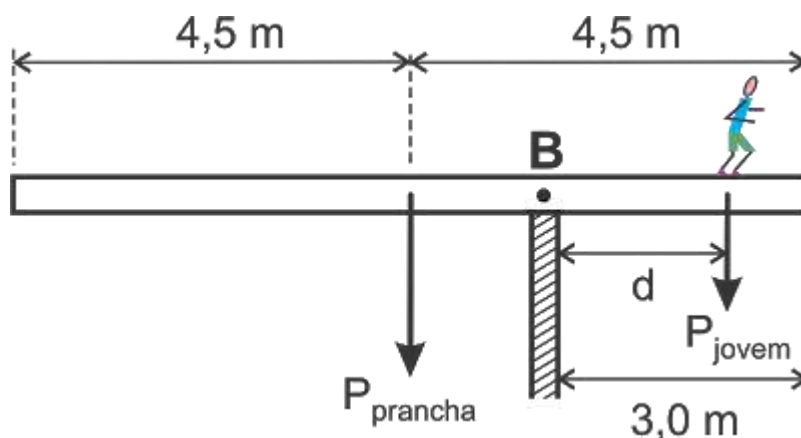
Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

- a) 1,75 m.
- b) 2,00 m.
- c) 2,25 m.
- d) 2,50 m.

Feedback para o aluno:

A máxima distância que o jovem pode percorrer, medida a partir de B, sem que a prancha gire, corresponde ao instante em que a força normal em A torna-se nula.

Figura 25(a). homem na prancha (Forças aplicadas)



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Nestas condições, tomando o ponto B como referência e considerando que a soma dos momentos das forças que tendem a produzir rotação no sentido horário é igual à soma dos momentos das forças que tendem a produzir rotação no sentido anti-horário, temos:

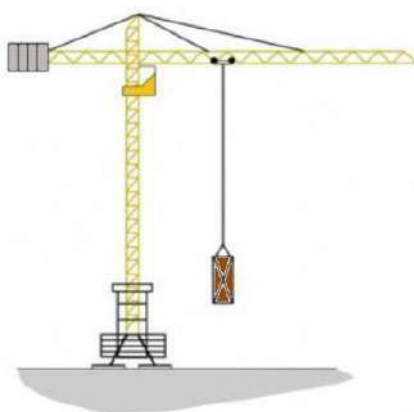
$$P_{prancha} \cdot 1,5 = P_{jovem} \cdot d \Rightarrow 900 \cdot 1,5 = 600 \cdot d \Rightarrow d = 2,25m$$

Resposta: c

Questão motivadora

3. (FCM-PB) O guindaste (também chamado de grua e, nos navios, pau de carga) é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, assim como a ponte rolante a partir do princípio da física no qual uma ou mais máquinas simples criam vantagem mecânica para mover cargas além da capacidade humana. São comumente empregados nas indústrias, terminais portuários e aeroportuários, onde se exige grande mobilidade no manuseio de cargas e transporte de uma fonte primária à embarcação, trem ou elemento de transporte primário, ou mesmo avião, para uma fonte secundária, um veículo de transportes ou depósitos locais. Podem descarregar e carregar contêineres, organizar material pesado em grandes depósitos, movimentação de cargas pesadas na construção civil e as conhecidas pontes rolantes ou guindastes móveis muito utilizados nas indústrias de laminação e motores pesados.

Figura 26. Grua



Fonte: <https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-torque-uma-forca.htm> (s/d)

Um aluno, de posse de um simulador, projeta a Grua acima com as seguintes características: o braço maior da Grua tem comprimento de 16 metros, o braço menor,

4 m; o contrapeso na extremidade do braço menor tem uma massa equivalente a 0,5 toneladas, cujo centro de massa coincide com a extremidade do braço menor. A barra horizontal possui massa de 200 kg, uniformemente distribuída, e a barra vertical está rigidamente fixada. De acordo com o projeto acima descrito, qual o peso máximo que essa Grua poderá levantar sem tombar?

- a) 2000N
- b) 1500N
- c) 1000N
- d) 50N
- e) 500N

Feedback para o aluno:

Adotando o ponto de encontro das barras vertical e horizontal como o eixo de rotação, os braços de alavanca de cada uma das forças serão:

Contrapeso = 4 m

Peso da barra horizontal = 6 m. Como o peso distribui-se de forma homogênea, podemos considerar o centro de massa da barra exatamente em seu centro, assim, a posição do peso da barra é 10 m de qualquer uma das extremidades. Em relação ao eixo de rotação, a distância é de apenas 6 m.

Peso máximo erguido pela grua = 16 m. Para determinar o máximo peso suportado pela grua, devemos colocar o peso na extremidade da máquina.

Sabendo que a força peso é o produto da massa de um elemento pelo valor da gravidade, temos:

Contrapeso: $500 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 5000 \text{ N}$

Peso da Barra: $200 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 2000 \text{ N}$

Adotando o sentido horário como positivo e sabendo que o torque é o produto da força pelo braço de alavanca, teremos:

$$T_{PMÁX} + T_{PB} - T_{CP} = 0$$

$T_{PMÁX}$ = Torque do peso máximo;

T_{PB} = Torque do peso da barra;

T_{CP} = Torque do contrapeso.

$$P \cdot 16 + 2000 \cdot 6 - 5000 \cdot 4 = 0$$

$$16 \cdot P = 20000 - 12000$$

$$16 \cdot P = 8000$$

$$P = 8000 \div 16$$

$$P = 500 \text{ N.}$$

O peso máximo a ser erguido pela grua é de 500 N.

Letra E

Desafio

4. Imagine que você esteja empurrando com uma força tal que, se apenas levemente aumentada, o bloco começa a se Inclinar. Se existem binários calcule a magnitude de cada torque (TIPLER 6ª ed. Adaptada)

Figura 27. homem empurrando bloco



Fonte: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2012/12/cursos-do-blog-mecanica_24.html (2012)

Feedback para o aluno:

$$F_{APL} = Mg \, L/2H$$

Perguntas instigantes

5. Por que os caminhoneiros acoplam um cano nas chaves de roda dos caminhões?

Figura 28. Chave de roda

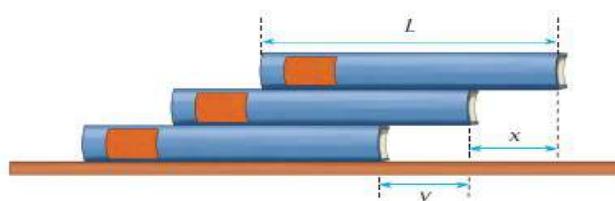


Fonte: Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016)

Feedback para o aluno: Aumentando o braço diminui a força aplicada.

6. Empilham-se três livros idênticos sobre uma mesa, conforme mostra a figura. Cada livro tem comprimento $L = 20 \text{ cm}$. Quais os valores máximos de x e y para que o conjunto mantenha-se em equilíbrio?

Figura 29. Livros empilhados

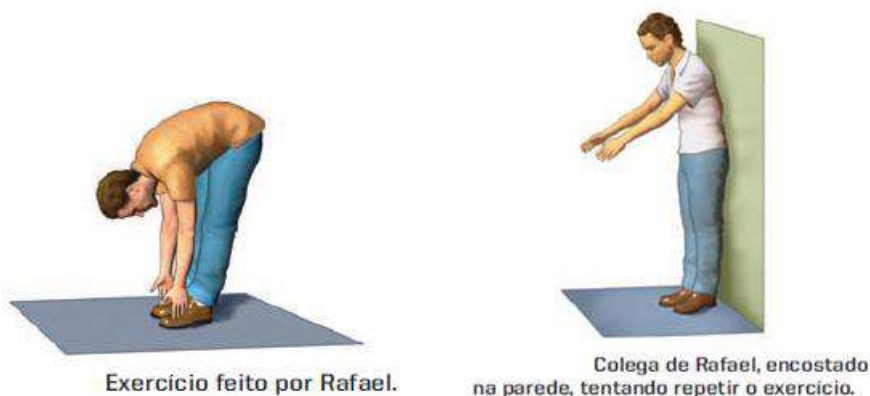


Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno: $y = L/4 = 5 \text{ cm}$

7. Rafael gosta de fazer “pegadinhas” com seus colegas. Ele começou demonstrando um exercício físico de flexibilidade, tocando nos pés sem dobrar os joelhos (figura 30). O bem-humorado Rafael, com ar de gozação, disse que seus colegas não seriam capazes de fazer esse exercício sem perder o equilíbrio do corpo e, por isso, daria a chance de eles realizarem o exercício, encostados na parede.

Figura 30. Rafael e seu colega



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

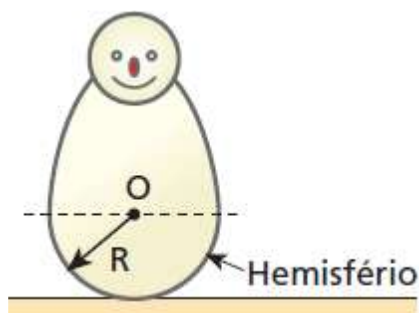
Esse procedimento, proposto por Rafael, em vez de auxiliar, dificulta ainda mais o equilíbrio corporal da pessoa, pois a parede faz com que:

- a) o centro de gravidade da pessoa seja deslocado para uma posição que impede o equilíbrio.
- b) a força normal exercida na pessoa, pela parede, seja maior do que a força que a pessoa faz na parede.
- c) o torque exercido na pessoa, pela parede, seja maior do que o torque que a pessoa faz na parede, ambos em relação aos pés da pessoa.
- d) o centro de gravidade da pessoa não coincida com o seu próprio centro de massa.

Feedback para o aluno: a)

8. Existe um boneco que insiste em ficar em pé após sofrer qualquer abalo. Imaginando sua base hemisférica de raio R e centro O , podemos afirmar que esse brinquedo exemplifica bem o equilíbrio:

Figura 31. João bobo



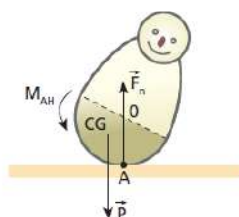
Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

- a) estável, e seu centro de gravidade (CG) está acima de O .
- b) estável, e seu CG está abaixo de O .
- c) indiferente, e seu CG está em O .
- d) estável, e seu CG está no contato com o chão.
- e) instável, e seu CG está abaixo de O .

Justifique sua resposta

Feedback para o aluno

Figura 31(a). João bobo



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Quando o boneco é tombado, o $\vec{P}$ produz um momento em relação ao ponto de apoio A e ele volta a ficar de pé.

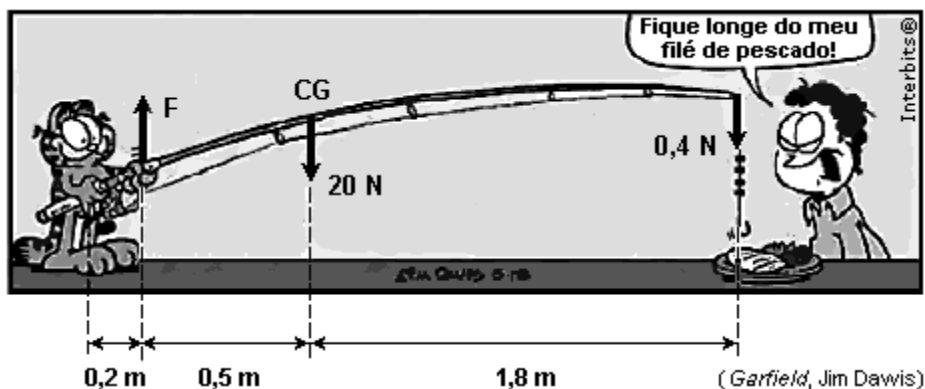
Alternativa: b

Atividade individual

9. (G1 - ifsp 2012) O quadrinho mostra o *Garfield* tentando pescar o filé de seu dono com uma vara cuja força peso, de módulo 20 N, está representada em seu centro de gravidade, CG. Para conseguir seu almoço, o gato utilizou um fio de nylon de massa

desprezível com um anzol e um conjunto de chumbinhos, totalizando 0,4 N de peso, pendurados na ponta.

Figura 32. Tirinha de Física



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Considerando-se as distâncias indicadas na figura, numa situação em que a vara esteja em equilíbrio, sendo segurada pelas duas patas de *Garfield*, a intensidade da força F , em newtons, aplicada pela pata esquerda do gato na vara, é igual a

- a) 75.
- b) 65.
- c) 55.
- d) 45.
- e) 35.

Feedback para o aluno:

Explicação:

Como tem que estar em equilíbrio, a soma dos torques horários e anti-horários têm que dar zero.

Logo, tomando como ponto de apoio a mão direita do gato:

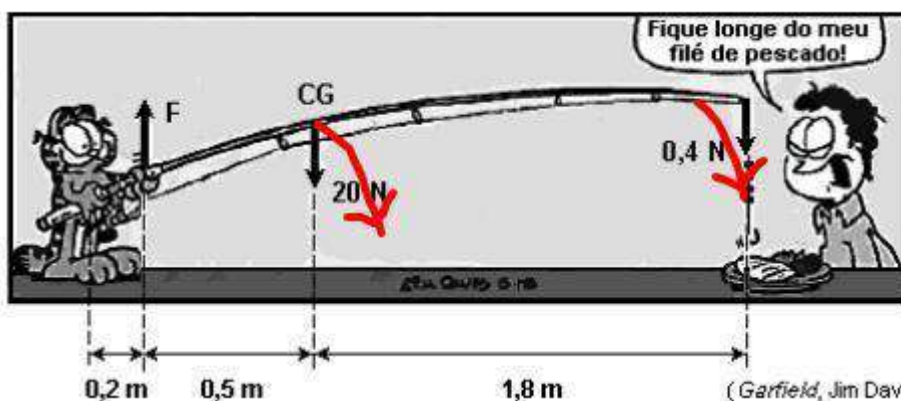
$$0,4 \cdot (1,8 + 0,5 + 0,2) + 20 \cdot (0,5 + 0,2) = F \cdot (0,2)$$

$$F = 15 / 0,2 = 75 \text{ N}$$

Note que esses 75N são aplicados pela mão esquerda, justamente por isso usei $F \cdot (0,2)$ lá em cima, pois é a força aplicada pela mão esquerda, multiplicada pela distância da outra mão.

Soma-se o peso da vara também ao momento de uma força, pois ela ajuda no movimento horário, perceba olhando a imagem bem, que tentei demonstrar isso.

Figura 32(a). Tirinha de Física



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Letra A

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 3

Rubrica de avaliação do Ciclo 3: Momento de uma força em relação a um ponto					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos de Momento de uma força em relação a um ponto	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as relações de momento na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) - Adaptado

Ciclo 4 As Maquinas Simples

O que se almeja com o Ciclo 4?

- Reconhecer a importância das máquinas para a humanidade, nos dias de hoje.
- Conhecer as diferentes configurações de alavancas, que podem ser utilizadas em várias situações.
- Identificar como a variação dos braços de uma alavanca pode permitir ganho de força, facilitando a realização de uma tarefa.
- Compreender que, quanto maior for o braço de uma alavanca, maior será o ganho de força. Compreender como equilibrar objetos de massas diferentes, utilizando uma balança de braços iguais.
- Compreender a relação entre a distância do objeto que se deseja pesar e o ponto de apoio da balança, para que se consiga o equilíbrio entre seus braços.
- Identificar as alavancas presentes em diferentes aparelhos e ferramentas utilizados diariamente. Identificar as partes que compõem as alavancas.
- Compreender que usando rodas ou cilindro é possível reduzir a força necessária para arrastar um objeto.
- Comparar as diferentes formas de associar as polias, identificando as vantagens do cadernal.

Competência Específica

- Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação

dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Testes de Leitura Ciclo 4 (TLC2)

TESTE DE LEITURA 4.1

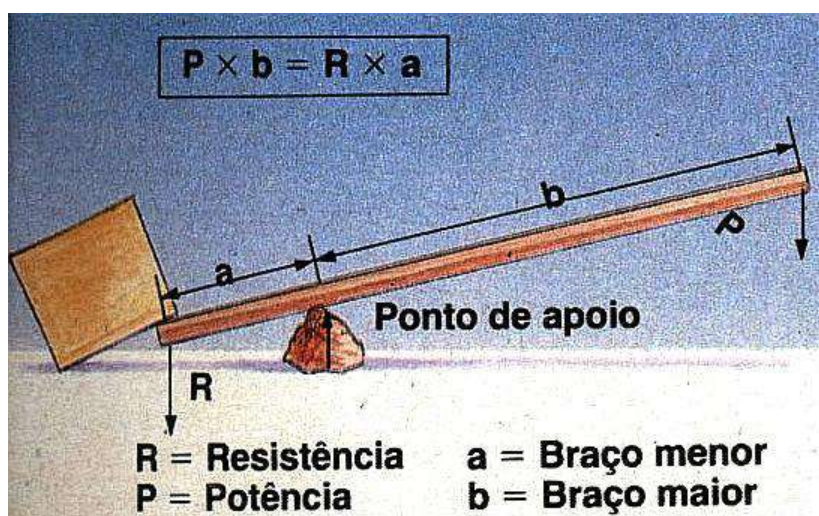
Arquimedes e uma alavanca para a Terra³⁵

É famosa a história, contada pelo o escritor grego Plutarco, de que Arquimedes, após descobrir o Princípio da Alavancagem afirmara:” Deem-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu levantarei o mundo”. Mas teria de fato Arquimedes conseguido erguer a Terra?

Foi, na verdade, o escritor russo Yakov Perelman, autor de várias obras de curiosidades científicas, quem fez a provocadora pergunta no seu livro Física Recreativa. É claro que Arquimedes usou de uma força de expressão para enaltecer o princípio da alavanca e não se vangloriar de sua força física. Todas as alavancas seguem o mesmo princípio: com uma força P aplicada no braço maior(b) é possível equilibrar uma força maior, R , que esteja na ponta do braço menor(a), já que o produto $P.b$ é igual o produto $R.a$ (veja o esquema a seguir).

³⁵ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física para o Ensino Médio”, Mecânica volume 1, de autoria Yamamoto e Fuke (2016).

Figura 33. Alavanca de Arquimedes



Fonte: <http://eteviprimeirod.blogspot.com> (2009)

A proposta de Arquimedes segue o mesmo princípio. Mas vejamos os valores: sabemos que hoje um corpo com a mesma massa da Terra, se pudesse ser pesado na superfície do nosso planeta, pesaria seis sextilhões ($6 \cdot 10^{21}$) de toneladas. Supondo-se que o sábio de Siracusa fosse capaz de levantar diretamente do solo, um peso de 60 quilos, ele iria necessitar de uma imensa alavanca (indeformável) cujo braço fosse maior 10^{23} vezes maior que o menos, ou seja, 100 000 000 000 000 000 000 000 vezes o braço menor.

Apoiando essa alavanca na lua, que está a cerca de 400 mil ($4 \cdot 10^5$) quilômetros da Terra, Arquimedes teria que ficar na astronômica distância de $4 \cdot 10^{28}$ quilômetros, a partir da lua ($4 \cdot 10^5 \cdot 10^{23}$), o que é quase 280 mil vezes mais distante que a galáxia mais remota. Mesmo supondo, tudo isso possível, seria interessante notar o deslocamento que Arquimedes teria que dar na extremidade mais longa para que o braço menor levantasse o nosso planeta 1 centímetro apenas: cerca de 1 quintilhão (10^{18}) de quilômetros. Esses cálculos não levam em conta os pesos da alavanca. É claro: se é verdade que o sábio fez tal declaração, ele se destinava a realçar seu entusiasmo pelo o princípio da alavanca, e não para ser tomado ao pé da letra.

Vejamos então o raciocínio de Perelman: "Se supusermos que Arquimedes podia levantar um peso de 60 quilos a 1 metro de altura em 1 segundo - o que é próximo da capacidade um cavalo-vapor -, para 'levantar a Terra' um único centímetro, ele levaria algo por volta de 32 trilhões de anos". Esses simples cálculos

mostram os valores reais a que podem chegar algumas declarações, se forem interpretadas literalmente.

Organizando as ideias do texto

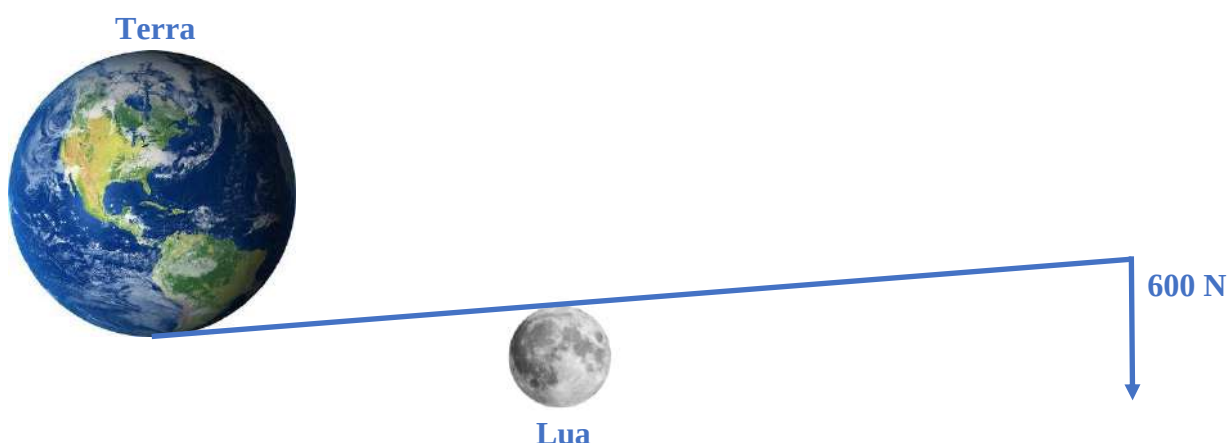
1. Você entendeu o raciocínio do professor Barco? O que quer dizer quando supõe que Arquimedes “fosse capaz de levantar diretamente do solo um peso de 60 kg”?

Feedback para o aluno: significa que ele pode exercer uma força de 600 N ou 60 kgf.

2. Monte um esquema que represente a alavanca imaginária de Arquimedes. Esse esquema deve representar (ou mencionar) a Terra, a Lua e o próprio Arquimedes.

Feedback para o aluno: veja a ilustração fora de escala:

Figura 34. Terra e Lua



Fonte: Yamamoto e Fuke. Física para o Ensino Médio. Mecânica (2016)

3. Finalmente, mostre que, levando em conta todas as simplificações sugeridas, é possível erguer a Terra nessas condições.

Feedback para o aluno: $P_{TERRA} \cdot d_{TERRA-LUA} = R \cdot d_{P-LUA} \rightarrow 6 \cdot 10^{24} \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10^5 = 600 \cdot 4 \cdot 10^{28}$

Substituindo todas as informações, encontraremos uma igualdade, portanto, nessas condições é possível erguer a Terra.

4. Reproduza no caderno o cálculo e as premissas necessárias para se obter o espantoso deslocamento 10^{18} km na extremidade mais longa da alavanca.

Feedback para o aluno: utilizando semelhança de triângulos, temos:

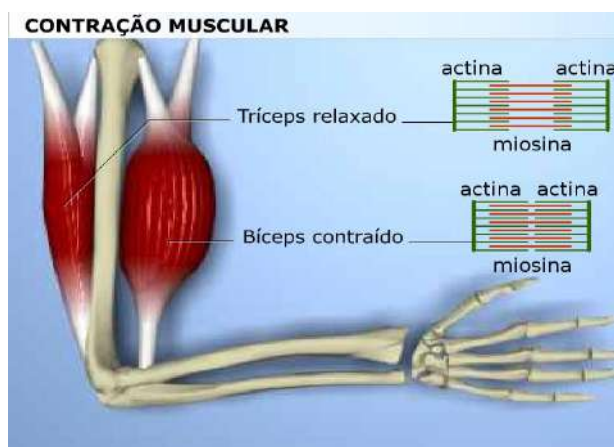
$$\frac{1 \text{ cm}}{x} = \frac{4 \cdot 10^5 \text{ km}}{4 \cdot 10^{28} \text{ km}} \rightarrow x = 23 \text{ cm} = 10^{18} \text{ km}$$

TESTE DE LEITURA 4.2

Força e contração muscular³⁶

As **contrações musculares** podem ser divididas em: ...**contração** concêntrica - é o tipo de **contração muscular** no qual os músculos encurtam durante a geração de **força**; **contração** excêntrica - ocorre quando o músculo alonga enquanto está sob tensão devido a uma **força** externa maior que a **força** gerada pelo músculo.

Figura 35. Contração muscular



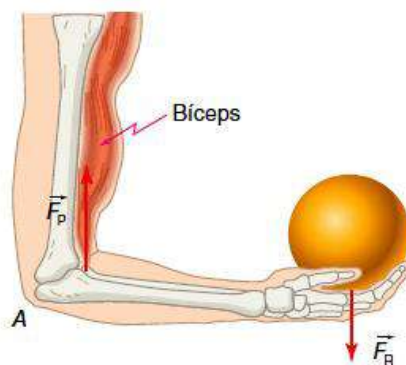
Fonte: cienciadotreinamento.com.br (s/d)

Pense e responda:

O antebraço funciona como uma alavanca, a força potente e a força proporcionada pela a contração dos bíceps, enquanto a força resistente (supondo desprezível o peso do próprio antebraço) é aquela exercida sobre o objeto apoiado sobre a mão. Observe a posição do ponto fixo e das forças potentes e resistentes na figura abaixo. Suponha que o bíceps se liga ao osso do antebraço a uma distância de 4 cm do ponto fixo e que a distância desse objeto sobre a mão seja de 32 cm. Considere que o peso do objeto da figura seja 50 N.

Figura 36. Alavanca do antebraço

³⁶ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Contexto & Aplicações”, Mecânica volume 1, de autoria Da luz e Álvares (2014).

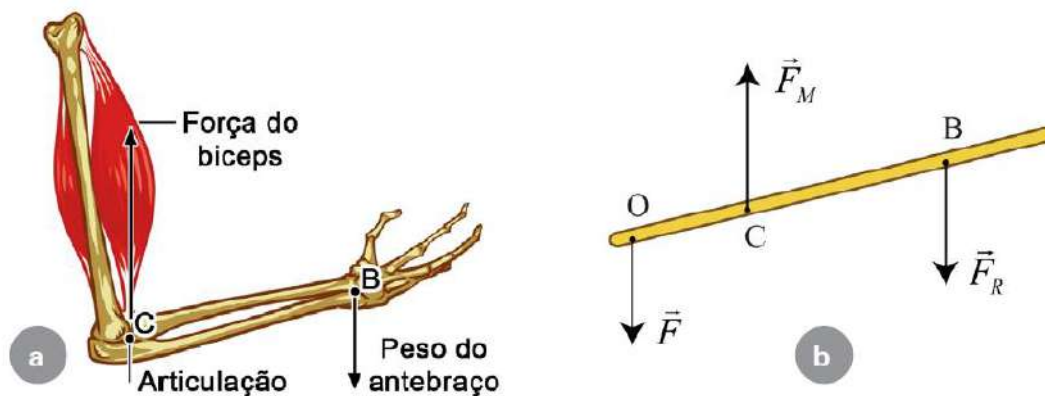


Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

1. Classifique o tipo de alavanca representada pelo o antebraço.
2. Qual o valor da força(força resistente) que o objeto exerce sobre a mão?
3. Qual o valor da força(força potente) que o bíceps exerce para sustentar o conjunto antebraço-objeto?

Feedback para o aluno:

1. interfixa;
2. 50N;
3. Resolução proposta para o aluno.



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Figura 36 (a) O antebraço é mantido na posição indicada pela ação da força do bíceps no ponto C. A carga a ser suportada é o peso do antebraço que se aplica no CG. O sistema funciona como uma alavanca interpotente. Em Figura 36 (b) temos o DCL da alavanca (antebraço reduzido a uma alavanca), onde $\vec{F}_M$ é a força do bíceps e $\vec{F}_R$ é o peso do antebraço (a resistência a ser vencida).

Levando-se em conta as condições de equilíbrio em uma alavanca, o produto da força potente pelo seu braço deve ser igual ao produto da força resistente pelo seu braço. De acordo com a notação já introduzida, escrevemos:

$$\vec{F}_R B_R = \vec{F}_M B_M$$

Assim temos:

$$50 * 32 = \vec{F}_M * 4 \therefore \vec{F}_M = 400N$$

Mão na massa do Ciclo 4 (MMC2)

Roldanas

Materiais:

- 03 massas aferidas 50g com gancho;
- 01 tripé tipo estrela com manípulo;
- 01 fixador de plástico com duas roldanas fixas;
- 01 carretel de linha;
- 01 roldana simples móvel;
- 01 roldana simples fixa;
- 01 haste fêmea 405mm;
- 01 haste macho 405mm;
- 05 ganchos de ferro tipo “S”.

Figura 37. Roldanas



Fonte: Azeheb – Laboratórios de Física (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

Associação de Roldanas

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto. Colocar duas massas de **50g** na roldana móvel;

02. Determinar o peso das massas (duas massas de **100g** roldana móvel)

$F_{RE} = \underline{\hspace{2cm}}$ **N (Força resistente)**

03. Anotar o valor da força motora.

$F_m = \underline{\hspace{2cm}}$ **N (Força motora)**

04. Os valores de F_{RE} e F_m foram iguais?

05. Clacular a vantagem mecânica da roldana móvel.

$V_m = F_{RE}/F_m = \underline{\hspace{2cm}}$

06. Fazer um comentário para aplicação prática dda roldana móvel.

Questionário online

1. Identifique, nas alavancas das figuras abaixo, a localização do ponto fixo, da potência e da resistência e o tipo de alavanca que cada uma constitui.

a) quebra-nozes

Figura 38



Fonte: depositphotos.com/1128187 (s/d)

b) tesoura

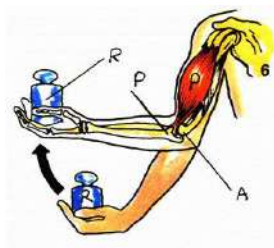
Figura 39



Fonte: depositphotos.com/163817400 (s/d)

c) braço com peso

Figura 40



Fonte: cienciadotreinamento.com.br (2015)

d) alicate de unha

Figura 41



Fonte: br.freepik.com (s/d)

Feedback para o aluno:

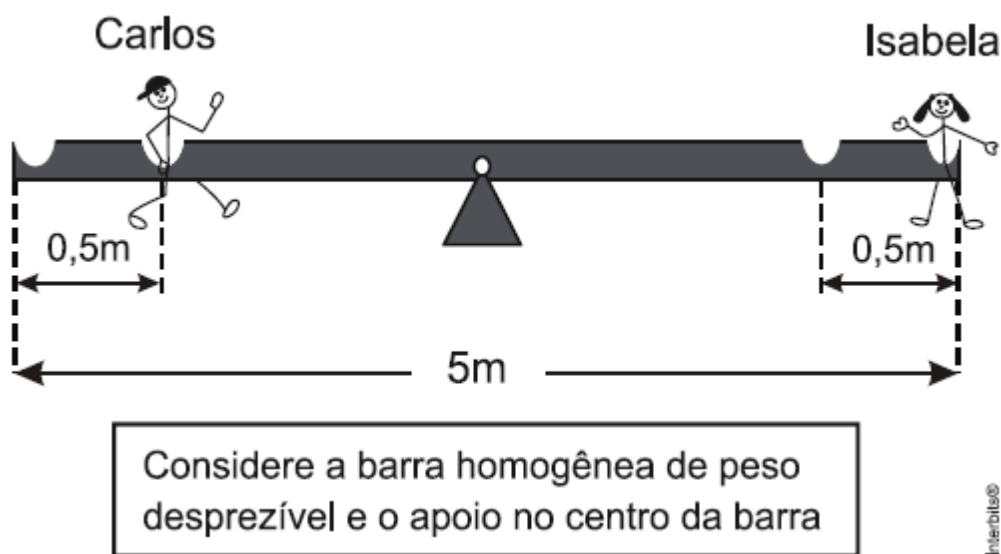
- a) O quebra nozes é uma alavanca inter-resistente, ou seja aplicação da força resistente $\vec{F}_R$ está entre a aplicação da força potente $\vec{P}$ e o ponto de apoio A.
- b) A tesoura é uma alavanca interfixa, ou seja, o ponto de apoio A está entre a aplicação da força potente $\vec{P}$ e a aplicação da força resistente $\vec{F}_R$.
- c) O antebraço é uma alavanca interpotente, ou seja, a aplicação da força potente $\vec{P}$ está entre a aplicação da força resistente $\vec{F}_R$ e o ponto de apoio

A. A força resistente é exercida pela mão para sustentar a esfera, a força potente é exercida pelos músculos bíceps e o ponto de apoio é o cotovelo.
 d) O cortador de unha é uma alavanca interpotente, ou seja, a aplicação da força potente $\vec{P}$ está entre a aplicação da força resistente $\vec{F}_R$ e o ponto de apoio A.

Questão motivadora

2. (G1 - ifsp 2013) Em um parque de diversão, Carlos e Isabela brincam em uma gangorra que dispõe de dois lugares possíveis de se sentar nas suas extremidades. As distâncias relativas ao ponto de apoio (eixo) estão representadas conforme a figura a seguir.

Figura 42



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Sabendo-se que Carlos tem 70 kg de massa e que a barra deve permanecer em equilíbrio horizontal, assinale a alternativa correta que indica respectivamente o tipo de alavanca da gangorra e a massa de Isabela comparada com a de Carlos.

- a) Interfixa e maior que 70 kg.
- b) Inter-resistente e menor que 70 kg.
- c) Interpotente e igual a 70 kg.

d) Inter-resistente e igual a 70 kg.

e) Interfixa e menor que 70 kg.

Feedback para o aluno:

Da figura, as distâncias de Isabela e Carlos até o eixo de rotação são, respectivamente, $S_I = 2,5 \text{ m}$ e $S_C = 2,0 \text{ m}$.

Como o sistema está em equilíbrio, temos que $\sum M = 0$.

$$M_C \cdot g \cdot S_C = M_I \cdot g \cdot S_I$$

$$M_I = \frac{M_C \cdot S_C}{S_I} = \frac{70 \cdot 2}{2,5} = 56 \text{ kg}$$

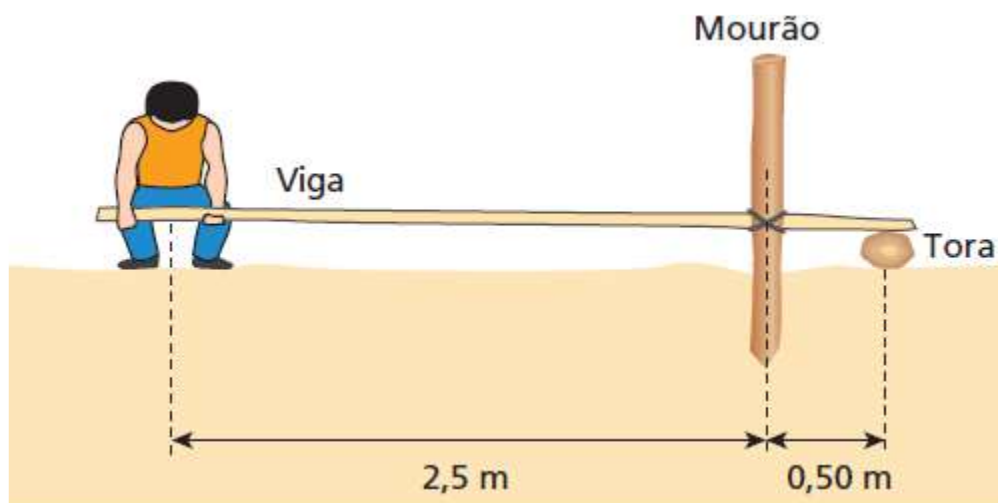
O tipo de alavanca formada pela gangorra é interfixa, pois o apoio está entre as forças que estão sendo aplicadas.

Alternativa E.

Desafio

3. Suponha que, para arrancar um mourão fincado no chão, um homem, puxando-o diretamente com as mãos, tivesse de exercer nele uma força de intensidade 1 800 N, no mínimo.

Figura 43



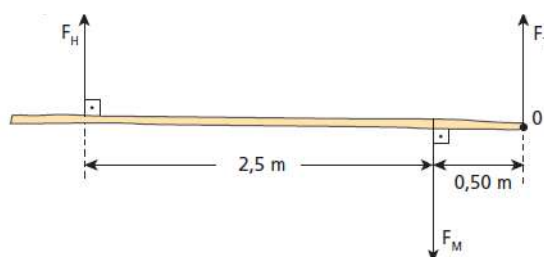
Fonte: Helou, Gualter e Newton. Tópicos de Física (2010)

Usando uma viga amarrada no mourão e apoiada em uma tora, como sugere a figura, determine a mínima intensidade da força que o homem precisa exercer na viga para arrancar o mourão. Para simplificar, desconsidere o peso da viga e suponha que a força total exercida nela pelo homem esteja aplicada no ponto médio entre suas mãos.

Feedback para o aluno:

Forças na viga

Figura 44



Fonte: Helou, Gualter e Newton. Tópicos de Física (2010)

Como o sistema está em equilíbrio, temos que $\sum M.O = 0$.

$$F_H \cdot 3,0 = F_M \cdot 0,50 \rightarrow F_H \cdot 3,0 = 1800 \cdot 0,50$$

$$F_H = 300N$$

Resposta: 300 N.

Pergunta instigante

4. No ato de extrair um prego de uma superfície plana com um martelo, qual o tipo de alavanca o martelo apresenta?

Figura 45



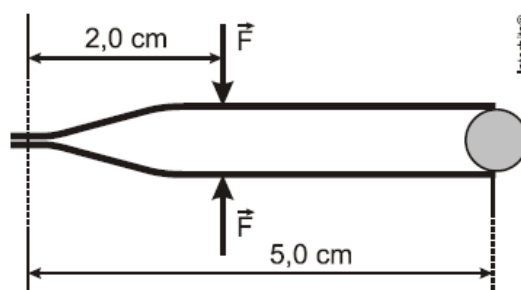
Fonte: pt.dreamstime.com (s/d)

Feedback para o aluno: O tipo de alavanca formada pelo martelo é interfixa, pois o apoio está entre as forças que estão sendo aplicadas.

Atividade individual

5. (Acafe 2012) Um instrumento utilizado com frequência no ambiente ambulatorial é uma pinça. Considere a situação em que se aplica simultaneamente uma força F de módulo 10N como se indica na figura a seguir.

Figura 46



Fonte: nsaulasparticulares.com.br (2014)

O módulo da força, em newtons, que cada braço exerce sobre o objeto colocado entre eles é:

- a) 15 b) 8 c) 10 d) 4

Feedback para o aluno: Desconsiderando o peso do objeto, sendo F_1 a intensidade das forças pedidas temos:

$$Mf_1 = Mf \rightarrow F_1 \cdot 5 = 10 \cdot 2 \rightarrow F_1 = 4N \rightarrow \text{Alternativa D}$$

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 4

Rubrica de avaliação do Ciclo 4: Máquinas simples					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos de Máquinas simples.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as máquinas simples na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) – Adaptado

Capítulo 3

O Projeto Integrador para Técnicos em Edificações

Neste capítulo, descreveremos uma proposta de Projeto Integrador construído a partir dos princípios de design propostos no capítulo anterior. Nele, o professor pode observar um exemplo real que foi testado e avaliado no ambiente escolar.

Construindo um modelo físico da Grua de palitos.

Nesta etapa o autor propõe ao aluno é desafiado a construir (com palitos de picolé e base de concreto) um modelo físico de uma Grua treliçada e, concomitante a isso, um modelo matemático-computacional da mesma estrutura. Esta etapa é planejada para oportunizar aos alunos o desenvolvimento do mais elevado grau de desenvolvimento cognitivo proposto pela Taxonomia de Bloom **(Criar)**.

Após o detalhamento dos materiais e o formato da estrutura já selecionada, foram desenvolvidas plásticas de construção da estrutura no programa FTOOL, e realizado levantamentos das medidas dos palitos e as possíveis forças que seriam estimuladas após a finalização da grua.

Os modelos físico e virtual são comparados em um ensaio destrutivo de carga permitindo ao aluno comparar o desempenho previsto no modelo matemático-computacional com o desempenho real (ver figura 47).

Figura 47. Representação do esquema de atuação do aluno no Projeto Integrador.



Fonte: Costa (2018) – Adaptado

O método aplicado no projeto integrador foi a Modelagem Bifocal. Utilizando esta abordagem os alunos projetam e desenvolvem seu próprio experimento a partir da coleta dados. Ao mesmo tempo, eles projetam e desenvolvem um modelo virtual do mesmo fenômeno. O objetivo principal é construir um modelo virtual cujo comportamento corresponda aos dados físicos coletados e que assim eles possam comparar o comportamento do modelo virtual e do modelo físico em tempo real.

Destacamos que as atividades obedecem a um alinhamento planejado e coerente, e que o sucesso no alcance dos objetivos de aprendizagem depende de maneira decisiva do empenho individual de cada aluno. Explicamos também aos alunos

que a participação de cada aluno no PI seria avaliado de forma a somar pontos em cálculo de média aritmética para o Segundo Bimestre letivo.

Regulamento para construção do modelo físico proposto no PI

Para estruturar e dimensionar uma máquina de elevação tipo Grua, se faz necessário o uso de algumas NBRs (Norma Brasileira Aprovada pela ABNT) por exemplo a NBR 8400/1984 que descreve a utilização e a capacidade de carga do projeto. A escolha do projeto Grua se deu pelo baixo custo dos materiais, juntamente com a percepção da possível integração das disciplinas envolvidas. O regulamento do projeto foi decidido em reunião entre professores envolvidos e coordenação do curso, sendo apresentados aos alunos pelo professor orientador autor deste trabalho.

Os parâmetros e critérios iniciais abordados para montagem e a sequência das ações foram:

- A decisão das primeiras diretrizes para início de projeto, como a carga a ser suspensa (3 kg), altura de elevação da carga (50 cm) e possível rotação da carga (360 graus);
- Decisão de dimensionamento da base e da torre treliçada;
- Escolha do material, custo e locação desses equipamentos;
- Produção do protótipo e início do acabamento;
- Automação da grua com uso.
- Apresentação do projeto.

Desenvolvimento do Projeto Integrador

Segundo a proposta de Bender, a ABP pode ser implementada tanto em iniciativas que envolvam diversos professores como naquelas de caráter individual e, portanto, disciplinares. O quadro 3.3 mostra fases do projeto, assim como a metodologia aplicada a cada fase.

Quadro 2: Desenvolvimento do Projeto.

Planejar e introduzir o Projeto		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Apresentar a ideia âncora à turma; (Definida no quadro 2.3)	Foram utilizadas pequenas narrativas e trechos de vídeos para apresentar a ideia âncora;	Desenvolver a questão motriz com os alunos;
Apresentar a questão motriz; (Definida no quadro 2.3)	O projeto foi exposto de maneira dialogada envolvendo a turma toda.	Os alunos foram motivados e orientados de forma determinada, com infor-

		mações específicas necessárias para o desenvolvimento do projeto.
Planejar o projeto em equipes		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Dividir a turma em grupos;	Foram divididos dois grupos com o critério da afinidade;	Os grupos foram orientados a trabalharem de maneira eficaz, pois a atividade necessitava de bastante empenho dos mesmos;
Estabelecer parâmetros e metas gerais a serem seguidos pelos grupos;	Foi elaborado um cronograma, assim como, rubricas de avaliação para análise dos resultados do projeto;	Foi informado aos alunos o objetivo a ser alcançado, assim como, tempo disponível para a sua execução, de forma que os alunos concentrassem seus esforços de maneira produtiva.
Encorajar e orientar os grupos no estabelecimento de metas específicas e linhas de tempo baseado nas metas gerais estabelecidas.	Ocorreram orientações verbais, assim como, via grupo social (<i>WhatsApp</i>), com o objetivo de desenvolverem melhor seus planejamentos.	O desenvolvimento dos planejamentos em grupo favoreceu a adequada utilização do tempo disponível à realização do projeto. No contexto da ABP isso é fundamental pois “os alunos dirigem uma quantidade muito maior de seu tempo de ensino do que nas aulas tradicionais” (BENDER, 2014, p. 108)
Avaliar o projeto e os alunos		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Promover uma avaliação formativa.	Foram produzidas rubricas de avaliação das atividades realizadas, bem como, fichas avaliativas para serem usadas na apresentação oral a banca Avaliadora.	As rubricas foram compartilhadas com os alunos à medida que as tarefas de ABP forem realizadas.

Fonte: Adaptado de Pasqualetto (2018).

Elementos Norteadores e Avaliativos do PI

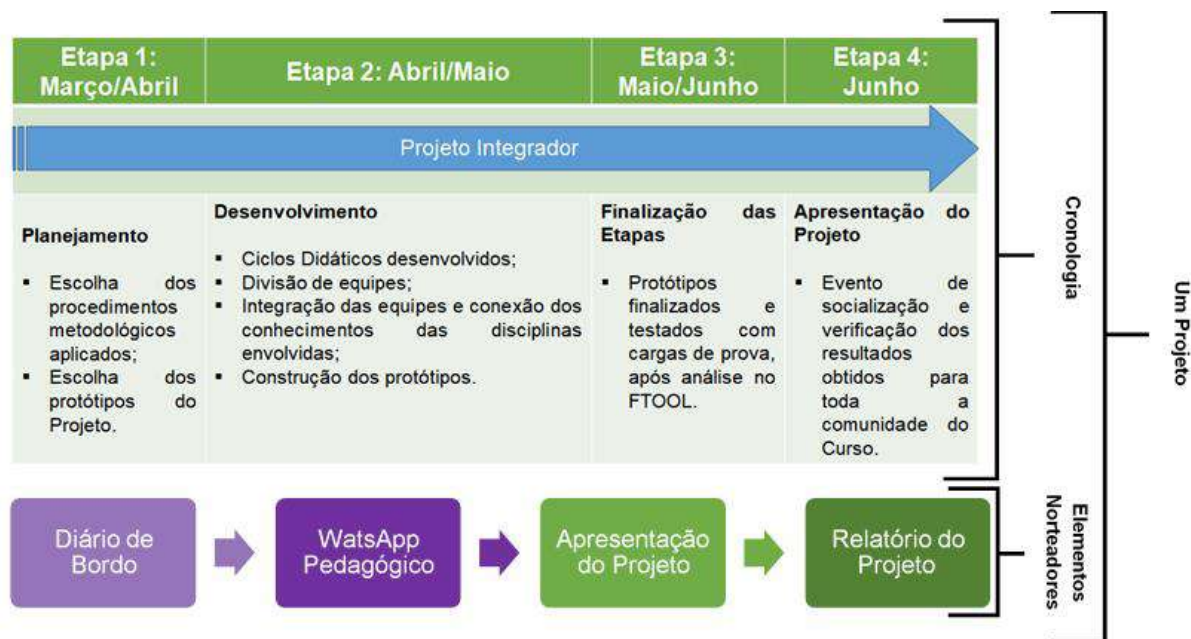
Durante o desenvolvimento do PI, foram introduzidas ferramentas metodológicas e avaliativas, que nortearam as ações de todas as atividades do projeto. Algumas delas foram primordiais para a coleta de dados. São elas: (*Diário de*

Bordo, WhatsApp Pedagógico, Ficha avaliativa de Apresentação e Relatório). Todas elas foram desenvolvidas com muito engajamento pelos alunos.

- No Diário de Bordo o professor orientador do projeto deverá conter o registro das atividades desenvolvidas ao longo do processo de orientação do PI dos estudantes, desde o momento de discussão de temas, passando pelos momentos de reuniões, avaliações e apresentação do projeto.
- Foi utilizado também como modalidade avaliação o WhatsApp Pedagógico em grupo específico do PI. A troca de informações entre alunos e professor orientador favoreceu significativamente o esclarecimento de dúvidas sobre etapas do processo. Segundo Costa (2007), destaca que o professor deve aproveitar as potencialidades do celular, como um importante recurso pedagógico, tendo em visto que essa tecnologia móvel está presente na vida de todos os educandos.
- Ficha avaliativa de Apresentação do PI em que servirá para a banca avaliadora, composta por professores da área técnica e área comum, fazer análise das regras de desenvolvimento da atividade, materiais obrigatórios e apresentação do trabalho oral.
- Relatório que deverá ser analisado de forma a conter: justificativa, objetivos, materiais e métodos, cálculos da estrutura, resultados e discursões como também as conclusões.

Em síntese o PI pode ser analisado através da figura 48, visto que a mesma mostra de maneira clara e simples a cronologia do projeto, assim como, seus elementos norteadores.

Figura 48. Ilustração dos elementos norteadores do Projeto Integrador (PI)

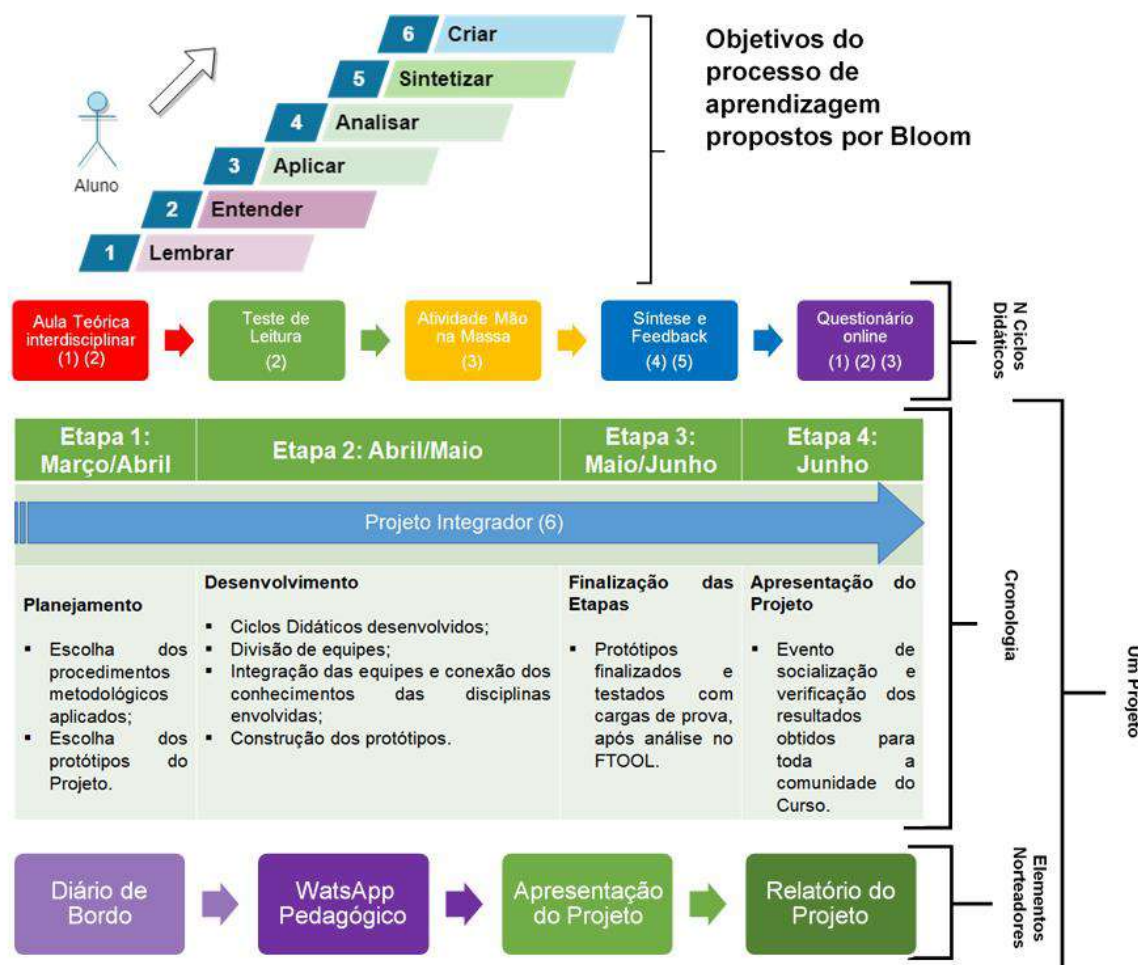


Fonte: Autor

Integração das atividades do Projeto

A figura 49 ilustra como cada etapa proposta na sequência didática se relaciona e busca alcançar níveis distintos e identificáveis da taxonomia de Bloom (FERRAZ, 2010). A figura 49, ilustra também o conjunto articulado com CDDCHs e PI.

Figura 49. Elementos da Sequência Didática e PI, correlacionados com os níveis cognitivos propostos por Bloom.



Fonte: Autor

Cada etapa da sequência é expressa pela sua nomenclatura e por cores e números que indicam o nível de domínio cognitivo que almejamos trabalhar com os alunos na etapa em questão.

Na mesma figura, nas setas horizontais encadeadas à direita, os números entre parênteses indicam o nível cognitivo a ser alcançado na etapa em questão. Por exemplo: o teste de leitura trabalha com o primeiro nível cognitivo de Bloom (conforme já explicado no texto); a atividade mão na massa pleiteia atingir os níveis 4 e 5, e o projeto integrador, sendo a atividade de maior complexidade, intenciona alcançar o mais alto nível da escala (nível 6) quando todas as etapas da atividade são cumpridas a contento.

Para melhor esclarecimento das atividades desenvolvidas no Projeto Integrador (PI), o leitor vai encontrar abaixo a descrição das atividades realizadas em todas as fases de construção da Grua como um todo.

Descrição das atividades do PI

Para a iniciação da atividade foi apresentado aos alunos alguns modelos de estrutura, que serviriam de guia para confecção da grua, mas ambos seguiam as mesmas medidas de base de 90cm e com uma estrutura de sustentação de 1m. Ficou decidido em reunião com todos envolvidos no projeto que cada uma das equipes utilizaria um dos formatos expostos. Os modelos estão expostos nas figuras 50. É relevante destacar que um dos formatos possui vãos mais abertos e com menos complexidade de manipulação.

Figura 50. Formatos de estruturas



Fonte: Autor

Materiais utilizados

Após apresentação dos modelos de montagem da estrutura, foi detalhada a relação de materiais utilizados para cada etapa de atividade, como por exemplo: o palito de picolé, roldanas plástica, cabo de aço, bases de madeira para adaptação de rolamentos, parafusos, rolamento de motocicleta biz, cola para moveis, trena, e alguns materiais de MDF, como a base de que serviria para receber o concreto para a sustentação da grua como mostra as figuras abaixo.

Figura 51. Bases de madeiras / eixo de rotação.



Figura 52. Arruelas e porcas.



Figura 54. Parafuso de aço.



Figura 55. Varal de aço revestido com PVC. **Figura 56.** Roldana Plástica.

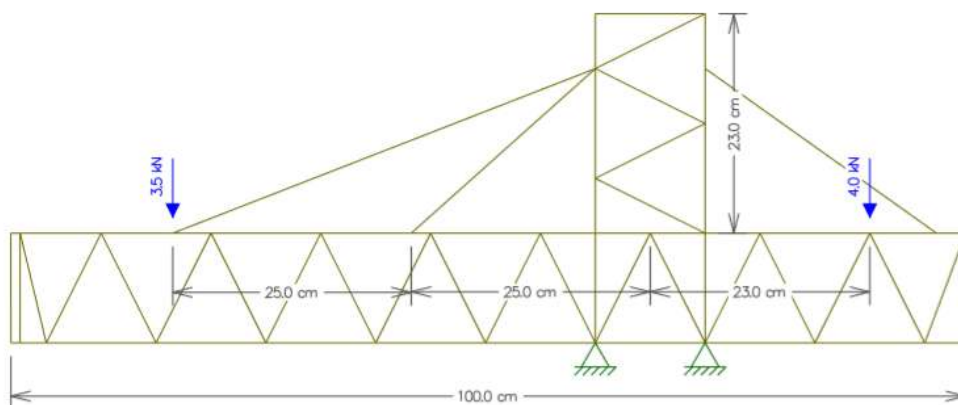


Fonte: Autor

Manipulação no programa gráfico para descrição do comportamento da estrutura (FTOOL)

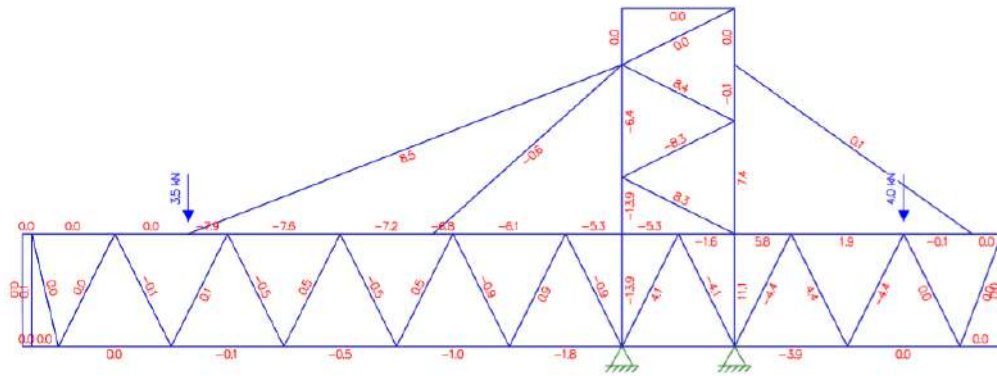
Após o detalhamento dos materiais e do formato da estrutura já selecionada, as atividades se direcionaram para o laboratório de informática do IFPA, onde foram desenvolvidas as plásticas de construção da estrutura no programa FTOOL, e realizado também levantamentos das medidas dos palitos e as possíveis forças que seriam estimuladas após a finalização da grua (ver figuras mostradas abaixo). O palito escolhido pelas equipes tinha a altura de 115 mm, medida constatada através da utilização do paquímetro. As figuras abaixo se referem a um dos modelos de treliças utilizados na grua.

- Figura: 58. Análise da estrutura e confecção do diagrama de corpo livre:



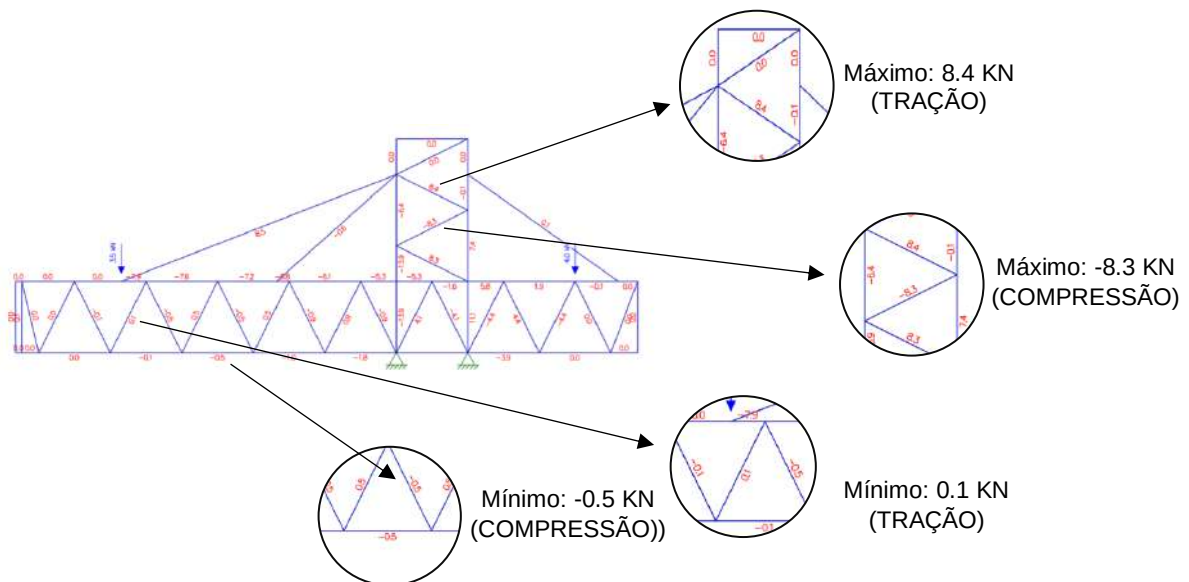
Fonte: Autor

- Figura 59. Esforços de tração e compressão nas barras da treliça:



Fonte: Autor

- Figura 60. Valores máximo e mínimo da sollicitações das barras:



Fonte: Autor

Resolução do dimensionamento dos valores máximos e mínimos a seção admissível para as cargas do projeto

Calculo do valor máximo de tração: 8.4kN/ Madeira brandas (60kg/cm²).

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf} &= 10 \text{ N} \\ x &= 8.4 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma}$$

$$A = \frac{0.84 \text{ kgf}}{60 \text{ kgf/cm}^2} = 0.014 \text{ cm}^2$$

$$10x = 8.4$$

$$x = \frac{8.4}{10}$$

$$x = 0.84 \text{ kgf}$$

$$A = \frac{0.014 \text{ cm}^2}{0.072 \text{ cm}^2} = 0.19$$

Calculo do valor mínimo de tração: 0.1kN/ Madeira brandas (60kg/cm²).

$$\begin{array}{lll}
 1 \text{ kgf} - 10 \text{ N} & & A = \frac{0.01 \text{ kgf}}{60 \text{ kgf/cm}^2} = 1.666\text{cm}^2 \\
 x - 0.1 & \sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma} & \\
 10x = 0.1 & & \\
 x = \frac{0.1}{10} & & A = \frac{1.666\text{cm}^2}{0.072\text{cm}^2} = 23.13 \\
 x = 0.01\text{kgf} & &
 \end{array}$$

Calculo do valor máximo de compressão: -8.3kN/ Madeira brandas (50kg/cm²).

$$\begin{array}{lll}
 1 \text{ kgf} - 10 \text{ N} & & A = \frac{-0.83 \text{ kgf}}{50 \text{ kgf/cm}^2} = -0.016\text{cm}^2 \\
 x - -8.3 & \sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma} & \\
 10x = -8.3 & & \\
 x = \frac{-8.3}{10} & & A = \frac{-0.016\text{cm}^2}{0.072\text{cm}^2} = -0.22 \\
 x = -0.83\text{kgf} & &
 \end{array}$$

Calculo do valor mínimo de compressão: -0.5kN/ Madeira brandas (50kg/cm²).

$$\begin{array}{lll}
 1 \text{ kgf} - 10 \text{ N} & & A = \frac{-0.05 \text{ kgf}}{50 \text{ kgf/cm}^2} = -0.001\text{cm}^2 \\
 x - -0.5 & \sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma} & \\
 10x = -0.5 & & \\
 x = \frac{-0.5}{10} & & A = \frac{-0.001\text{cm}^2}{0.072\text{cm}^2} = -0.01 \\
 x = -0.05\text{kgf} & &
 \end{array}$$

Processo de fabricação

Com todas as informações garantidas, os alunos iniciaram o processo de fabricação. Uma mesa, régua e suporte de ficção foi utilizada para manter os palitos em uma simetria para que ocorresse a secagem da cola e os mesmo não perdesse a reta, do formato escolhido. O processo se repetiu por 8 vezes, formando 8 faces colados um a um, 4 dessa com medidas de 90 cm de altura, e as demais com 1m de altura. Por seguinte, após secagem as faces foram fixadas, formando 2 estruturas com seções quadrada, uma estrutura para a base e outra para a rotação da grua, como mostrado nas figuras abaixo.

Figura 61. Palitos sendo colados.

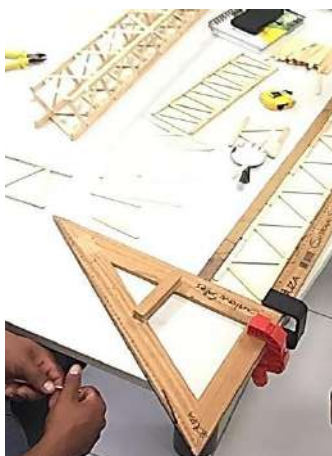


Figura 62. Moldes de guia para montagem.



Figura 63. Fabricação da base.

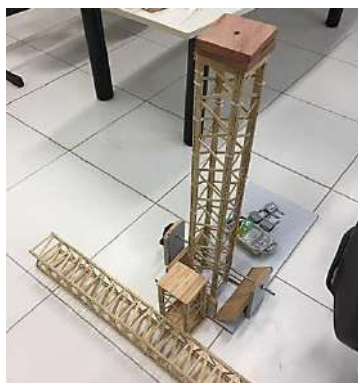


Fonte: Autor

Resultados da primeira etapa de montagem das estruturas treliçadas

Com a colagem dos palitos, 8 faces da estrutura foram confeccionadas, formando 2 bases conforme a figura 64. Foram utilizadas braçadeiras para manter a fixação dos lados, e como resultado da primeira etapa, a equipe realizou com sucesso conforme expectativas.

Figura 64. Estruturas nas etapas finais de secagem.



Fonte: Autor

Fixação de bases para sustentação de roldanas e para circulação de cabos

Com a primeira etapa concluída, as atividades partiram para a fixação de bases para segurar as roldanas que permitirá a circulação dos cabos entre a grua Figura 65. Foram utilizada uma furadeira, alicate e chave de boca para porcas. Para a distribuição das roldanas de plástico na grua, foram verificados $\frac{1}{3}$ e $\frac{2}{3}$ da medida da estrutura de 1m, e ficaram representadas pelos valores de 0,33 ($\frac{1}{3}$) e 0,66 ($\frac{2}{3}$), garantindo o centro para manter o equilíbrio entre as forças que seriam aplicadas. Por

seguinte, a partir do centro da mesma entre o intervalo de 0,66 cm, foram acopladas as roldanas com distâncias de 25cm cada, além dos cabos de aço.

Figura 65. Estruturas com as roldanas.



Fonte: Autor

Resultado da segunda etapa de união das estruturas (lança e torre)

Após a fixação das roldanas e cabos figura 66, as equipes alcançaram êxito nas duas estruturas, foram realizados alguns testes com um peso no intervalo $1/3$ da estrutura, e a mesma resistiram às expectativas de início.

Figura 66. Vista frontal das estruturas sobre o eixo de rotação.



Fonte Autor

Confecção da base da grua

Com todas as etapas finalizadas, o passo seguinte foi confeccionar uma base para sustentação e equilíbrio da grua (Figura 67). Os materiais utilizados nesse processo foram peças de MDF, barra de ferro com rosca e uma manivela. Essa base será para o recebimento do concreto.

Figura 67. Base para a concretagem com vedação improvisada.



Fonte: Autor

Dosagem da base

Para a dosagem foram utilizados cálculos do aplicativo *Construcal*, com os seguintes dados: brita 5,24 kg, areia 6,52 kg, cimento 2,13 kg, água 1,20 L Figuras (68, 69 e 70).

Figura 68. Areia.



Figura 69. Brita.



Figura 70. Cimento.



Fonte: Autor

Mistura

Durante o processo de dosagem e mistura dos componentes para a concretagem foram adicionado mais 400g de cimento e também 200 ml de água mostrado na figura 71.

Figura 71. Mistura dos componentes da concretagem.



Fonte: Autor

Plataforma Vibratória – Laboratório de Edificações

Após a mistura a base foi levada até a plataforma vibratória, mostrada na figura 72 para garantir a homogeneidade do mesmo. Foi utilizado nível de mão e prumo, para manter a estrutura reta e sem inclinações.

Figura 72. Plataforma vibratória-laboratório edificações IFPA.



Fonte: Autor

Os alunos fizeram também o cálculo de dosagem do concreto usado na base da grua, que serve para determinar as proporções dos materiais a serem empregados.

a) Cálculo de resistência de dosagem

$$FCJ = FCK + 1,65 \cdot SD$$

$$FCJ = 25 + 1,65 \cdot 7$$

$$FCJ = 25 + 11,55$$

$$FCJ = 36,55 \text{ mpa}$$

b) Determinação da relação água/ cimento

$$x = \frac{a}{c}$$

$$0,47 = \frac{a}{50}$$

$$a = 50 \cdot 0,47$$

$$a = 23,5$$

$$FCJ = \frac{A}{B}$$

$$36,55 = \frac{114,30}{11,80}$$

$$11,80^x = \frac{114,30}{36,55}$$

$$11,80^x = 3,13$$

$$\log 11,8^x = \log 3,13$$

$$1,07x = 0,50$$

$$x = \frac{0,5}{1,07}$$

$$x = 0,47$$

c) Determinação da quantidade de agregados

Determinação da relação água/ materiais secos (A%)

A% = Água/ (Pcimento + Pagregados)

d) Traço em peso

A% = Água/ (Pcimento + Pagregados)

$$0,11 = \frac{23,5}{(50 + \text{Pagregado})}$$

$$5,5 + 0,11 \text{ Pagregados} = 23,5$$

$$0,11 \text{ Pagregados} = 23,5 - 5,5$$

$$0,11 \text{ Pagregados} = 18$$

$$\text{Pagregados} = \frac{18}{0,11}$$

$$\text{Pagregados} = 163,64$$

65% agregado graúdo

35% agregado miúdo

agregado	%
163,64	100
x	65
100x	65 * 163,64
100x	10636,6
x	$\frac{10636,6}{100}$
x	106,37 kg
agregado graúdo = 163,64 - 106,37	
agregado miúdo = 57,27 kg	

Traço para um saco de cimento de 50 kg

1: 57,27: 106,37: 23,5 18

Traço para 1 kg de cimento

1: 1,15: 2,13: 0,47

e) Correção de água

$$A = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$

$$0,05 = \frac{Ph - 57,27}{57,27}$$

$$0,05 * 57,27 = Ph - 57,25 \quad 1: 1,20: 2,13: 0,41$$

$$2,86 = Ph - 57,25$$

$$Ph = 57,25 + 2,86$$

$$Ph = 60,13 \text{ kg}$$

Traço em peso para um saco de cimento, umidade 5%

1: 60,13: 106,37: 20,64

Traço em peso para 1 kg de cimento, umidade 5%

1: 1,20: 2,13: 0,41

Resultado final

Contudo, após todas as etapas concluídas a grua foi finalizada com sucesso, suportando ao peso de 3 kg acordada entre os professores e alunos envolvidos. Abaixo na figura 73 é mostrado as duas gruas finalizadas.

Figura 73. Gruas finalizadas



Fonte: autor

A grua resistiu aos testes iniciais e testes oficiais assistidos pelos examinadores e classes visitantes. Suportando o peso na apresentação de 800g, e 2 kg e completando com um giro de 360°, sem sofrer ruína.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, F. O que é construtivismo? **Revista de Educação AEC**, Brasília, v. 21, n.83, abr./jun. 1992. Disponível em:<http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_20_p087-093_c.pdf>. p. 7-15. Acesso em: 20 dez 2019.

BENDER, Wilian N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Ed. Penso, 2014.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. Tópicos de Física. 1ª edição, Vol.1. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

BONJORNO, José Roberto. Física: Mecânica. 3ª Ed. São Paulo: Ed. FTD, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

COSTA, José Benício da Cruz. **Planejamento, construção, validação e avaliação de uma Sequência Didática com foco no desenvolvimento de Competências no Ensino Médio Integrado**. 2018. 158f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém/PA, 2018.

DA LUZ, Antônio Máximo Ribeiro; ALVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. Física: Contexto e Aplicações. Vol 1. 2ª edição. São Paulo: Ed. Scipione, 2017.

FERRAZ, A. P. C. M. et al. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

GASPAR, Alberto. Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vitgotski. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

Guia Trabalhista. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm>. Curitiba (s/d) Acesso em: 28 jan. 2020.

JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os Fundamentos da Física 1: Mecânica. 9ª Ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2008.

KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. A contribuição da Física para o novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4. n. 2, p. 27 - 30, 2016. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/vol4/Num2/v4na09.pdf>. Acesso em: 03 out. 2019.

KÜLLER, J. A.; RODRIGO, N. F. Uma metodologia de desenvolvimento de competências. **Bol. técnico SENAC**: a revista da educação profissional. 2012. Disponível em: <http://www.senac.br/BTS/381/artigo1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Ed. Penso, 2018.

NOVAK, Gregor M. et al. Just in time teaching. 1999.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio. **O Ensino de Física Via Aprendizagem Baseada Em Projetos**: Um Estudo à Luz da Teoria Antropológica do Didático. 2018. 237f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2018.

PERRENOUD, P. **10 Competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PERRENOUD, P. **Avaliação**: Da excelência à regulação das aprendizagens - entre duas lógicas. Porto Alegre: Artmed S.A, 1999.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PERRENOUD, Philippe. As competências para se ensinar no século XXI: A formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Ed. Artmed S.A, 2007.

PERRENOUD, Philippe. Diferenciação do ensino. Uma questão de organização do trabalho Curitiba: Editora Melo, 2011.

PERRENOUD, Philippe. Os Ciclos de Aprendizagem: Um caminho para combater o fracasso escolar. Porto Alegre: Ed. Artmed S.A, 2007.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades, A Física na Escola, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 10, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a04.pdf>. Acesso em 02.11.2019.

RODRIGUES, Ricardo. <https://engiobra.com/quindastes-torre/>. 2013. Acesso: em 27 jan. 2020.

THIESEN, J. S. Currículo interdisciplinar: contradições, limites e possibilidades. **Revista Perspectiva**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 591-614, 2013.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física Conceitual: Física para Cientistas e Engenheiros. Vol.1. 6ª edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2019.

TOBÓN, Sergio Tobón; PRIETO, Julio Herminio Pimienta; FRAILE, Juan Antonio García. *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson educación, 2010.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio. Vol 1. 4ª edição. São Paulo: Ed. Saraiva, 2016.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1998.

ZABALA, Antoni, ARNAU, Laia. *Como ensinar e aprender competências*. Porto Alegre: Artmed, 2010. 197 p.

Classificação das Forças

Forças de Contato: São forças que surgem no contato de dois corpos.



Ex.: Quando puxamos/empurramos um corpo.

Classificação das Forças

Forças de Campo: São forças que atuam a distância, dispensando o contato.



Ex.: Ímã e um metal; o satélite e a Terra.

As Leis da Dinâmica



Sir Isaac Newton 1642 – 1727

Principia Mathematica Philosophiæ Naturalis.

1ª Lei de Newton: LEI DA INÉRCIA

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele".

(Isaac Newton - Principia)



Inércia

A **INÉRCIA** consiste na tendência natural que os corpos possuem em manter sua velocidade constante (Manter o seu estado de equilíbrio – Repouso ou M.R.U.).

<http://www.monica.com.br/comics/tirinhas/images/tira91.gif>

A grandeza física que mede a quantidade de inércia de um corpo se chama **MASSA**.



Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.)

Segundo Aristóteles, o movimento de um corpo não é um estado natural. Para que ele ocorra, é necessária a ação de uma força.



Galileu (1564 d.C. – 1642 d.C.)

Segundo Galileu, inércia consiste na tendência natural que os corpos possuem em manter velocidade constante.

Observe as tirinhas a seguir ...

<http://www.cepa.if.usp.br/efisica/magena/mecanica/universitario/cap10/garfieldn3.jpg>

<http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcDwpFTTIT4Z3vuoTMPY49yqIvZ9HsEQqEJxqQ2T7vUJAC2>

<http://www.cepa.if.usp.br/efisica/magena/mecanica/universitario/cap10/garfieldn4.jpg>

Algumas situações em que a Lei da Inércia aparece



A importância do cinto de segurança



Num choque frontal, os ocupantes de um carro, por causa da inércia, tendem a continuar em movimento, em relação à pista e podem, eventualmente, se chocar contra o para-brisa, o volante. O cinto de segurança tem a finalidade de, nessas situações, aplicar força ao corpo do passageiro, diminuindo a sua velocidade.

De acordo com a Lei da Inércia...

Força é o agente que altera a velocidade do corpo, vencendo assim a tendência natural de manter seu estado de equilíbrio (INÉRCIA).

$$\vec{F}_R = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = \text{constante} \begin{cases} \text{repouso} \\ \text{ou MRU} \end{cases}$$

Todo corpo em equilíbrio mantém, por inércia, sua velocidade constante.

Referenciais Inerciais

A primeira lei de Newton não faz distinção entre um corpo estar em repouso ou em movimento uniforme (velocidade constante). O fato de o corpo estar em um ou em outro estado depende do referencial (sistema de coordenadas) em que o corpo é observado.



Como você explicaria o fenômeno a seguir?



Referencial Inercial

1. O referencial só é considerado INERCIAL se estiver em EQUILÍBRIO, ou seja, não possuir aceleração, quer dizer, ou está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).

2. As Leis de Newton somente são válidas para referenciais inerciais!

3. Quando os movimentos tiverem grande duração e se exigir precisão, adotar-se-á como referencial inercial o "referencial estelar", que se utiliza de estrelas cujas posições têm sido consideradas invariáveis durante anos de observação ("estrelas fixas no céu").



Imagem: B. Haisman/ESO / European Southern Observatory / Creative Commons / Alamy 12.9

Atenção

Consideremos a seguinte situação.

Se nos pusermos em cima de uma balança dentro de um elevador subindo, os nossos pés exercerão uma pressão maior sobre a balança – esta registrará um peso superior ao medido com a balança no chão (figura a, ao lado). No entanto, o mesmo aconteceria se, de alguma forma, a gravidade se tornasse mais forte num elevador parado.

Num elevador desce acelerado, sentiremos a gravidade mais fraca (figura b, abaixo).



Imagem: Frequenter / Getty Images / Documental Lattes

Imponderabilidade

Numa conferência em Kyoto em 1922, Einstein descreveu um momento de inspiração que teve em 1907: "Encontrava-me sentado no gabinete de patentes em Berna, quando, de repente, me ocorreu um pensamento: se uma pessoa cair livremente, não sentirá o seu próprio peso. Fiquei surpreso. Esse simples pensamento causou-me uma profunda impressão. Levou-me a elaborar a teoria da gravitação."



Imagem: NASA / Documental Lattes

2ª Lei de Newton:

"Princípio Fundamental da Dinâmica"

"A mudança do estado de movimento de um corpo é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força foi imprimida" (Isaac Newton - Princípio)

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

$$F = 1\text{ N} \quad m = 1\text{ kg} \quad a = 1\text{ m/s}^2$$



Imagem: Ryan Chiu / iStockphoto / Documental Lattes

A força de 1 N aplicada em um corpo de 1 kg provoca aceleração de 1 m/s²

Percebemos que **Massa e Aceleração** são grandezas inversamente proporcionais

A força que a mão exerce acelera a caixa		A força que a mão exerce acelera a caixa	
Duas vezes a força produz uma aceleração duas vezes maior		A mesma força sobre uma massa duas vezes maior causa metade da aceleração	
Duas vezes a força sobre uma massa duas vezes maior produz a mesma aceleração original		Sobre uma massa três vezes maior, causa um terço da aceleração original	

20

3ª Lei de Newton:

LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

"A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas".
(Isaac Newton - Principia)

Observações:

1. O par ação/reação nunca se equilibra, pois as forças atuam em corpos diferentes.
2. O par aparece instantaneamente, então qualquer uma das forças pode ser ação ou reação.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Alguns exemplos de Ação e Reação



Imagem: Barreto / GBO Free Documentation License



Imagem: Andy English / Creative Commons Attribution 2.0 Generic



Imagem: Nasser Alabbadi / GBO Free Documentation License

As tirinhas abaixo mostram situações bem interessantes sobre a 3ª Lei de Newton. Analise-as e comente sua veracidade.

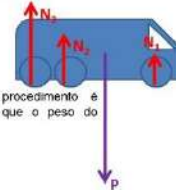
<http://aprendafisica.hdfree.com.br/leisde5.jpg>

<http://www.monica.com.br/comics/tirinhas/images/tira137.gif>

Vamos Exercitar?

Exemplo 01

Na pesagem de um caminhão, no posto fiscal de uma estrada, são utilizadas três balanças. Sobre cada balança são posicionadas todas as rodas de um mesmo eixo. As balanças indicaram 30000N, 20000N, e 10000N



A partir desse procedimento é possível concluir que o peso do caminhão é de:

- A) 20.000 N
- B) 25.000 N
- C) 30.000 N
- D) 50.000 N
- E) 60.000 N

Resolução

Como o caminhão está em repouso, a força resultante que atua sobre ele é nula.

$$P = N_1 + N_2 + N_3$$

$$P = 10.000 + 20.000 + 30.000$$

$$P = 60.000N$$

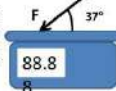
Exemplo 02 Resolução

Unifesp

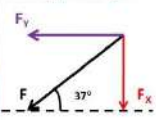
Suponha que um comerciante inescrupuloso aumente o valor assinalado pela sua balança, empurrando sorrateiramente o prato para baixo com uma força F de módulo 5,0 N, na direção e sentido indicados na figura.

Com essa prática, ele consegue fazer uma mercadoria de massa 1,5 kg medir por essa balança como se tivesse massa de:

- Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$
 $\cos 37^\circ = 0,80$
 $G = 10 \text{ m/s}^2$
- a) 3,0 kg
 - b) 2,4 kg
 - c) 2,1 kg
 - d) 1,8 kg
 - e) 1,7 kg



Fazendo a decomposição da força, temos que:



A força F_y é a única que pode contribuir para alterar a leitura da balança. Vamos calcular o valor de F_y .

$$\sin 37^\circ = \frac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin 37^\circ$$

$$F_y = 5,0 \cdot 0,6 \rightarrow F_y = 3,0 \text{ N}$$

A leitura da balança será influenciada pela ação da força peso P da mercadoria e da força F_y , pois ambas atuam na vertical para baixo. É claro que essas duas forças darão origem a um peso aparente.

$$P_{\text{aparente}} = P + F_y$$

$$P_{\text{aparente}} = m \cdot g + F_y$$

$$P_{\text{aparente}} = 1,5 \cdot 10 + 3,0$$

$$P_{\text{aparente}} = 15 + 3,0 = 18 \text{ N}$$

Para um peso aparente de 18 N e uma aceleração da gravidade de 10 m/s^2 , a massa aparente registrada na balança será:

$$P_{\text{aparente}} = m_{\text{aparente}} \cdot g$$

$$18 = m_{\text{aparente}} \cdot 10$$

$$m_{\text{aparente}} = \frac{18}{10}$$

$$m_{\text{aparente}} = 1,8 \text{ kg}$$

Resposta: LETRA D

Exemplo 03

Uma pessoa idosa de 68 kg, ao se pesar, o faz apoiada em sua bengala. Com a pessoa em repouso, a leitura da balança é de 650 N. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) Calcule o módulo da força que a balança exerce sobre a pessoa e determine sua direção e seu sentido.
- b) Supondo que a força exercida pela bengala sobre a pessoa seja vertical, calcule o seu módulo e determine seu sentido.

a) A leitura da balança, 650 N, é o valor da força normal que ela exerce sobre o idoso. A direção é vertical e o sentido é para cima.

b) O peso do idoso pode ser calculado pela relação:

$$P = m \cdot g$$

$$P = 68 \cdot 10$$

$$P = 680 \text{ N}$$

Parte da força que o idoso exerce sobre a balança é aliviada pelo apoio exercido pela bengala no chão. O módulo da força que a bengala exerce sobre o idoso pode ser calculado da seguinte forma:

$$P = N + F_{\text{bengala}}$$

$$680 = 650 + F_{\text{bengala}}$$

$$F_{\text{bengala}} = 30 \text{ N}$$

Vertical para cima

Extras

EXTRAS

VIDEO DO YOUTUBE

ISAAC NEWTON - O MAIOR GÊNIO DA HISTÓRIA

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=1WMGzNQ2R8&feature=related>

SIMULAÇÃO

Simulações on-line no ensino de Física

Link: http://insulius.fis.uc.pt/personal/antonioim/applets_pagina/dinamica.htm

LABORATÓRIO VIRTUAL

Feira de Ciências

Link: <http://www.feiradeciencias.com.br>

EXPERIÊNCIAS/ EXPERIMENTOS

Inércia (Deixe-me estar como estou)

Link: http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_01.asp

INTERAÇÃO ENTRE CORPOS (Ação e reação)

Link: http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_03.asp

Modelo de Foguete (3ª lei de Newton, Quantidade de movimento e impulso)

Link: http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_04.asp

Bibliografia

- BENIGNO, Barreto Filho, XAVIER, Cláudio da Silva. *Física aula por aula*. 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 2010. vol. 01.
- GASPAR, Alberto. *Compreendendo a Física*. São Paulo: Editora Ática, 2011. Vol. 01.
- GUALTER, HELOU; NEWTON. *Física*. Vol. 01. São Paulo: Editora Saraiva, 2011.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. *Curso de Física*. 1. ed. São Paulo: Editora Scipione, 2011. vol. 01.
- <<http://educar.sc.usp.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://pt.wikipedia.org>> Acesso em 25/05/2012.
- <http://www.ciencia-cultura.com/Pagina_Fis> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.coladaweb.com/fisica>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.fisica.ufs.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.fisicafacil.pro.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.if.ufrj.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.infoescola.com/fisica>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.mundoeducacao.com.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.sofisica.com.br/conteudos>> Acesso em 25/05/2012.

Ciclo 2

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Física

Ensino Médio

Estática – Parte 1

Introdução

A estática é uma área da Mecânica em que procuramos estudar as condições sob as quais podem ocorrer situações de equilíbrio em um sistema físico. Por sistema físico podemos entender desde uma partícula material (corpos de dimensão desprezível) até sistemas que envolvem vários corpos rígidos. Equilíbrio, como se sabe, é um conceito bastante abrangente, que, em geral, está associado ao conceito de imutabilidade ou, mais precisamente, de estabilidade. Na mecânica, esse conceito se refere à situação em que um corpo rígido - ou sistema de corpos rígidos - permanece em repouso (sem experimentar deslocamentos ou rotações) quando sob a ação de forças aplicadas a ele. O sistema se comporta de uma forma que ele aparenta ser imutável.

De acordo com Dugas em seu livro *A history of mechanics*, o primeiro livro de Mecânica, e um dos primeiros compêndios do que hoje denominamos ciências exatas, teria como título "Mecânica" (autor desconhecido) e nele são apresentados estudos sobre as máquinas simples, tema esse usualmente discutido na estática. Assim, essa teria sido a primeira área de interesse da mecânica, interesse esse reforçado algum tempo depois por Arquimedes ao empreender estudos sistemáticos de estática.



Equilíbrio de um ponto material

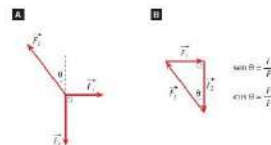
Um ponto material está em equilíbrio num dado instante, quando sua velocidade vetorial permanece constante com o tempo; assim, se a velocidade vetorial é constante, a aceleração vetorial é nula, e do princípio fundamental da Dinâmica $\vec{F}_{\text{res}} = m \cdot \vec{a}$ concluímos:

A resultante do sistema de forças aplicadas a um ponto material em equilíbrio deve ser constantemente nula ($\vec{F}_{\text{res}} = \vec{0}$).

Método da linha poligonal das forças

Resultante sendo nula, a linha poligonal das forças é fechada.

Na figura A temos um ponto material P em equilíbrio sob ação de três forças. Na figura B, representamos a linha poligonal dessas forças, que é fechada.



Arquimedes de Siracusa (287 a.C. - 212 a.C.) foi um dos maiores matemáticos da Antiguidade. Ele é também considerado por alguns historiadores como o pai da Mecânica. Introduziu, no estudo da estática e da hidrostática (estudo dos sistemas fluidos em equilíbrio), o que chamamos hoje de método científico, aliando em certo sentido o empirismo à formulação das leis e demonstrações de teoremas, usando conceitos de geometria e da álgebra.



Figura 2: Arquimedes de Siracusa (287 a.C. - 212 a.C.), o precursor dos princípios matemáticos aplicados à física teórica.



Os trabalhos importantes de Arquimedes, na mecânica, foram publicados em dois livros: *Sobre o Equilíbrio dos Planos* (dois volumes) e *Sobre os Corpos Flutuantes*. No primeiro, Arquimedes desenvolve princípios básicos da Estática, entre os quais se incluem as "leis da Alavanca", e discute a determinação do centro de gravidade dos corpos.

Método das projeções

Considere um ponto material sob a ação de um sistema de forças $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$. Adote um sistema cartesiano situado no plano das forças. Sendo a resultante nula ($\vec{R} = \vec{0}$), decorre que suas projeções nos eixos x e y são nulas ($F_{Rx} = 0$ e $F_{Ry} = 0$). Sendo $F_{1x}, F_{2x}, \dots, F_{nx}$ e $F_{1y}, F_{2y}, \dots, F_{ny}$ as projeções de $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ nos eixos x e y , respectivamente, de acordo com o que vimos na seção 15.1 deste capítulo, resulta:

$$\vec{R} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} F_{Rx} = 0 \text{ ou } F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0 \\ F_{Ry} = 0 \text{ ou } F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0 \end{cases}$$

Se um ponto material sujeito à ação de um sistema de forças estiver em equilíbrio, as somas algébricas das projeções dessas forças sobre dois eixos perpendiculares e pertencentes ao plano das forças são nulas.

Portanto, o estudo de equilíbrio de um ponto material sob ação de um sistema de forças coplanares nos fornece duas equações escalares.

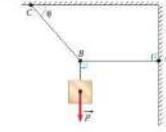


Quando um sistema de forças coplanares estiver em equilíbrio, a resultante das forças será igual a zero.

exercícios resolvidos

Determine as trações T nos fios ideais AB e BC, sabendo-se que o sistema está em equilíbrio na posição indicada.

Dados: $P = 90 \text{ N}$, $\sin \theta = 0,6$, $\cos \theta = 0,8$.



Como método de resolução é o da linha perpendicular das forças, que deve ser fechada. No caso em questão, sendo um triângulo retângulo, vem:

$$\begin{aligned} \sin \theta = \frac{P}{T_{BC}} &= 0,6 = \frac{90}{T_{BC}} \Rightarrow T_{BC} = 150 \text{ N} \\ \cos \theta = \frac{T_{AB}}{T_{BC}} &= 0,8 = \frac{T_{AB}}{150} \Rightarrow T_{AB} = 120 \text{ N} \end{aligned}$$

Resposta: $T_{BC} = 150 \text{ N}$, $T_{AB} = 120 \text{ N}$.

Solução:

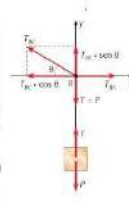
Isolamos o ponto B, onde concorrem os três fios. Observe que a tração no fio vertical tem módulo igual ao peso P . Vamos resolver este exercício, inicialmente, pelo método das projeções.

Projeções em x :

$$\begin{aligned} T_{AB} - T_{BC} \cos \theta &= 0 \\ T_{AB} - T_{BC} \cdot 0,8 &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{AB} - T_{BC} &= 0 \\ T_{AB} &= T_{BC} \end{aligned}$$

Em y , vem: $T_{BC} = 150 / 0,8 \Rightarrow T_{BC} = 187,5 \text{ N}$



Vamos Exercitar?

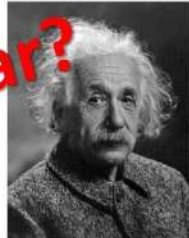


Imagem: Getty Images / Contrasto / J. G. Costa - Imagem

(UFRJ) Os antigos romanos foram os primeiros a usar extensivamente o arco arquitetônico em suas construções. A propriedade mais notável do arco é que as pedras que o compõem permanecem em equilíbrio devido somente às forças mútuas de contato, sem necessidade de argamassa para cimentá-las umas às outras.

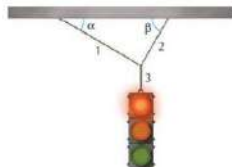
Considere que o arco representado na figura abaixo está, desse modo, em equilíbrio e que cada uma de suas pedras pesa 150 N . Determine a direção e o sentido da resultante das forças que as pedras laterais D e E exercem sobre a pedra central C e calcule seu módulo.



(Vunesp) Um semáforo pesando 100 N está pendurado por três cabos conforme ilustra a figura. Os cabos 1 e 2 formam ângulos α e β com a horizontal, respectivamente.

- Em qual situação as tensões nos fios 1 e 2 serão iguais?
- Considerando o caso em que $\alpha = 30^\circ$ e $\beta = 60^\circ$, determine as tensões nos cabos 1, 2 e 3.

Dados: $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$, $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$



Obrigado pela Atenção!

Bibliografia

- JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**, 10. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2014. vol. 01.
- MARQUES, Gil da Costa. **Mecânica Clássica para Professores**, São Paulo: Editora Edusp, 2014.

Ciclo 3

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Física

Ensino Médio

Estática - Parte 2

Aumentando o braço da força aplicada na chave de roda, fica mais fácil a remoção dos parafusos para a troca do pneu.

A torção do escanador fica mais fácil se ele seguramos a chave um pouco mais distante do ponto de rotação.

4 O mesmo braço da força em relação ao ponto, também demonstramos, a uma grandeza variável. Então, para manter o mesmo torque, podemos aumentar a força, reduzir a mesma quantidade e obter o mesmo torque de ação.

Momento de uma força em relação a um ponto

Objetivos
 Conceituar momento de uma força.
 Classificar momentos da força como positivo ou negativo.
 Analisar o momento e o resultado de um binário, representando a unidade de momento de uma força no Sistema Internacional de Unidades.

Termos e conceitos
 - torque
 - polo
 - braço
 - vetor

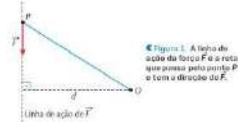
Chamamos **momento** de uma força F aplicada num ponto P , em relação a um ponto O , o produto da intensidade F da força pela distância d do ponto O à linha de ação da força (Fig. 1).

$$M_O = Fd$$

Por convenção, o momento pode ser positivo ou negativo. Adotamos o sinal $[+]$ se a força F tende a girar o segmento $\overline{OP}$ em torno de O no sentido anti-horário, e $[-]$ no sentido horário.

O ponto O é denominado **polo**, e a distância d , **braço**.

A unidade de momento no Sistema Internacional de Unidades (SI) é newton $\times$ metro ($N \cdot m$).



exercícios resolvidos

Uma barra OA virada num plano vertical, pode girar em torno do ponto de suspensão O. Determine o momento da força F da intensidade 10 N em relação ao ponto O nos casos indicados abaixo:

a) b) c) d) e) f) g) h) i) j) k) l) m) n) o) p) q) r) s) t) u) v) w) x) y) z) aa) ab) ac) ad) ae) af) ag) ah) ai) aj) ak) al) am) an) ao) ap) aq) ar) as) at) au) av) aw) ax) ay) az) ba) bb) bc) bd) be) bf) bg) bh) bi) bj) bk) bl) bm) bn) bo) bp) bq) br) bs) bt) bu) bv) bw) bx) by) bz) ca) cb) cc) cd) ce) cf) cg) ch) ci) cj) ck) cl) cm) cn) co) cp) cq) cr) cs) ct) cu) cv) cw) cx) cy) cz) da) db) dc) dd) de) df) dg) dh) di) dj) dk) dl) dm) dn) do) dp) dq) dr) ds) dt) du) dv) dw) dx) dy) dz) ea) eb) ec) ed) ee) ef) eg) eh) ei) ej) ek) el) em) en) eo) ep) eq) er) es) et) eu) ev) ew) ex) ey) ez) fa) fb) fc) fd) fe) ff) fg) fh) fi) fj) fk) fl) fm) fn) fo) fp) fq) fr) fs) ft) fu) fv) fw) fx) fy) fz) ga) gb) gc) gd) ge) gf) gg) gh) gi) gj) gk) gl) gm) gn) go) gp) gq) gr) gs) gt) gu) gv) gw) gx) gy) gz) ha) hb) hc) hd) he) hf) hg) hh) hi) hj) hk) hl) hm) hn) ho) hp) hq) hr) hs) ht) hu) hv) hw) hx) hy) hz) ia) ib) ic) id) ie) if) ig) ih) ii) ij) ik) il) im) in) io) ip) iq) ir) is) it) iu) iv) iw) ix) iy) iz) ja) jb) jc) jd) je) jf) jg) jh) ji) jj) jk) jl) jm) jn) jo) jp) jq) jr) js) jt) ju) jv) jw) jx) jy) jz) ka) kb) kc) kd) ke) kf) kg) kh) ki) kj) kk) kl) km) kn) ko) kp) kq) kr) ks) kt) ku) kv) kw) kx) ky) kz) la) lb) lc) ld) le) lf) lg) lh) li) lj) lk) ll) lm) ln) lo) lp) lq) lr) ls) lt) lu) lv) lw) lx) ly) lz) ma) mb) mc) md) me) mf) mg) mh) mi) mj) mk) ml) mn) mo) mp) mq) mr) ms) mt) mu) mv) mw) mx) my) mz) na) nb) nc) nd) ne) nf) ng) nh) ni) nj) nk) nl) nm) nn) no) np) nq) nr) ns) nt) nu) nv) nw) nx) ny) nz) oa) ob) oc) od) oe) of) og) oh) oi) oj) ok) ol) om) on) oo) op) oq) or) os) ot) ou) ov) ow) ox) oy) oz) pa) pb) pc) pd) pe) pf) pg) ph) pi) pj) pk) pl) pm) pn) po) pp) pq) pr)

Teorema das três forças

Se um corpo estiver em equilíbrio sob ação exclusiva de três forças, estas deverão ser coplanares e suas linhas de ação serão, necessariamente, concorrentes num único ponto ou paralelas (fig. 4).

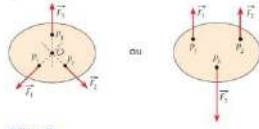
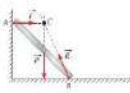


Figura 4.

Como exemplos da aplicação deste teorema, considere os seguintes casos:

- 1) Uma escada aferrada-se em equilíbrio apoiada em um ponto fixo. Há duas forças concorrentes que atuam no ponto fixo: o peso P e a força F exercida pela parede. Podemos obter graficamente a direção da força F , que é o lado oposto ao peso P no exemplo do equilíbrio. Basta determinar o ponto C centro da gravidade que é o ponto de aplicação da força P para verificar que a linha de ação de F é a reta determinada pelos pontos A e B .

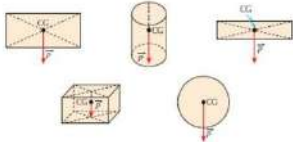


Sob a ação de três forças iguais, resultante das forças exercidas pelo chão e a resultante das forças exercidas pela parede, a escada permanece em equilíbrio na condição de que estas forças sejam coplanares e concorrentes em um único ponto.

Centro de gravidade e centro de massa

O ponto de aplicação do peso de um corpo é denominado **centro de gravidade (CG)** ou **baricentro**. Podemos imaginar que, nesse ponto, concentra-se todo o peso do corpo.

Se um corpo homogêneo apresentar um elemento de simetria (um ponto, um eixo ou um plano), o centro de gravidade pertence necessariamente a esse elemento. Significa que o centro de gravidade coincide, nesse caso, com o centro geométrico.

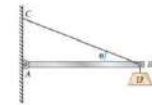


O ponto no qual podemos considerar concentrada toda a massa de um corpo é denominado **centro de massa (CM)**.

Nos locais onde a aceleração da gravidade pode ser considerada constante, o centro de gravidade coincide com o centro de massa. Um corpo que se encontra no espaço, livre da atração gravitacional da Terra e de outros corpos celestes, tem centro de massa, mas não tem centro de gravidade.

Exercícios resolvidos

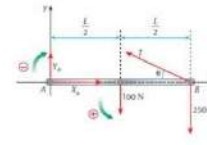
1) A barra homogênea AB de seção reta uniforme está articulada em A e é mantida na horizontal pelo ideal BC. A barra tem peso 100 N e o corpo D peso 250 N. Determine a tração no fio e as componentes vertical e horizontal da reação da articulação A. Dados: $\sin \theta = 0,6$, $\cos \theta = 0,8$.



Solução:

Observemos, inicialmente, que uma articulação plana pode ser entendida como um plano ligado à parede e passando por um ponto existente na barra. A articulação A permite que a barra gire no plano da figura em torno do ponto A. A força de reação da articulação na barra tem direção não determinada a priori. Por isso usamos suas componentes horizontal (X_A) e vertical (Y_A).

Vamos, então, isolar a barra AB. Sejam X_A e Y_A as componentes horizontal e vertical da reação da articulação na barra, T a intensidade da força de tração do fio, $P = 100$ N o peso da barra homogênea, aplicado no seu ponto médio (centro de gravidade), e $P_D = 250$ N o peso do corpo D.



Tipos de equilíbrio de um corpo

Considere que uma placa de centro de gravidade CG seja suspensa pelo ponto O (fig. 5). Na posição de equilíbrio, as forças que agem na placa são o peso P , aplicado no centro de gravidade CG, e a força de suspensão F , aplicada em O. Nessas condições, F e P devem ser opostas. Para isso, o ponto de suspensão O e o centro de gravidade CG devem pertencer à mesma reta vertical (fig. 6).

Deslocando-se ligeiramente a placa da posição de equilíbrio, girando-a em torno de O e abandonando-a em seguida, ela tende a retornar à posição original. Nesse caso dizemos que o equilíbrio é **estável** (fig. 7).

No equilíbrio estável o centro de gravidade CG está abaixo do ponto de suspensão O.

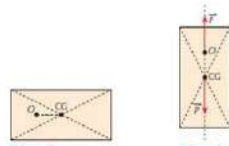


Figura 5.

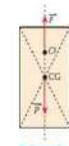


Figura 6.

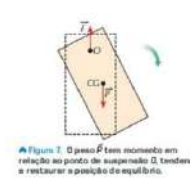


Figura 7. O peso P tem momento em relação ao ponto de suspensão O, tendendo a restaurar a posição de equilíbrio.

Vamos impor as condições de equilíbrio da barra AB:

1ª) Resultante nula

$$\text{Projeções em x: } X_A - T \cdot \cos \theta = 0 \Rightarrow X_A = T \cdot 0,8 \quad (1)$$

$$\text{Projeções em y: } Y_A + T \cdot \sin \theta - 100 - 250 = 0 \Rightarrow Y_A + T \cdot 0,6 = 350 \quad (2)$$

2ª) Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto B

Em relação a B, Y_A e $P = 100$ N apresentam momentos não nulos, sendo o momento de Y_A negativo (horário) e de $P = 100$ N positivo (anti horário).

$$M_A + M_{Y_A} + M_P = 0 \Rightarrow -Y_A \cdot l + 100 \cdot \frac{l}{2} = 0 \Rightarrow Y_A = 50 \text{ N}$$

Substituindo Y_A por 50 N na expressão (2) resulta: $T = 500$ N

Substituindo T por 500 N na expressão (1) vem: $X_A = 400$ N

Resposta: $X_A = 400$ N, $Y_A = 50$ N e $T = 500$ N

Observações:

- Se X_A ou Y_A ou ambos resultassem negativos, significaria que os sentidos adotados não foram corretos.
- Em geral escolhe-se como polo o ponto em relação ao qual a maioria das forças tem momento nulo.

Se o centro de gravidade estiver acima do ponto de suspensão, o equilíbrio é **instável** (fig. 8). Deslocando-se ligeiramente a placa da posição de equilíbrio, girando-a em torno de O e abandonando-a em seguida, ela se afasta ainda mais da posição de equilíbrio (fig. 9).



Figura 8. Equilíbrio instável.

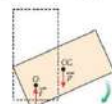


Figura 9. O peso P tem momento em relação ao ponto de suspensão O, fazendo com que a placa se afaste da posição de equilíbrio.

Quando o centro de gravidade coincide com o ponto de suspensão, o equilíbrio é **indiferente**, pois, afastando-se a placa da posição de equilíbrio, girando-a em torno de O, ela permanece em equilíbrio na nova posição (fig. 10).

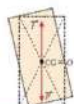


Figura 10. Equilíbrio indiferente.

Vamos analisar outro exemplo: uma esfera homogênea encontra-se em equilíbrio num apoio côncavo (fig. 11). Seu equilíbrio é **estável**. Ao ser deslocada ligeiramente da posição de equilíbrio e abandonada em seguida, ela tende a voltar à posição original.

No caso em que a esfera está em equilíbrio num apoio convexo, seu equilíbrio é **instável**: deslocando-se a esfera ligeiramente da posição de equilíbrio, ela se afasta ainda mais dessa posição (fig. 12).

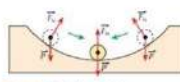


Figura 11. Equilíbrio estável.

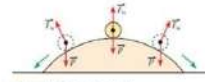


Figura 12. Equilíbrio instável.

Estando a esfera apoiada num plano horizontal, seu equilíbrio é **indiferente**: deslocando-se ligeiramente a esfera da posição de equilíbrio e abandonando-a em seguida, ela permanece em equilíbrio na nova posição (fig. 13).

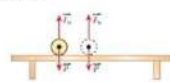


Figura 13. Equilíbrio indiferente.

4. Rafael gosta de fazer "pegadinhas" com seus colegas. Ele começou demonstrando um exercício físico de flexibilidade, tocando nos pés sem dobrar os joelhos (figura I). O bem-humorado Rafael, com ar de gozação, disse que seus colegas não seriam capazes de fazer esse exercício sem perder o equilíbrio do corpo e, por isso, daria a chance de eles realizarem o exercício, encostados na parede (figura II).



Figura I. Exercício físico de Rafael.



Figura II. Rafael encostado na parede, realizando o exercício.

Este procedimento, proposto por Rafael, em vez de auxiliar, dificulta ainda mais o equilíbrio corporal das pessoas, pois a parede faz com que:

- o centro de gravidade da pessoa seja deslocado para uma posição que impede o equilíbrio;
- a força normal exercida na pessoa, pela parede, seja maior do que a força que a pessoa faz na parede;
- o torque exercido na pessoa, pela parede, seja maior do que o torque que a pessoa faz na parede, ambos em relação aos pés da pessoa;
- o centro de gravidade da pessoa não coincida com o seu próprio centro de massa.

Solução:

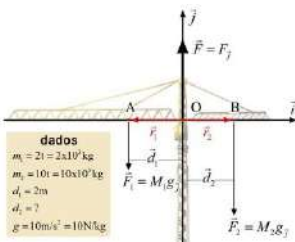
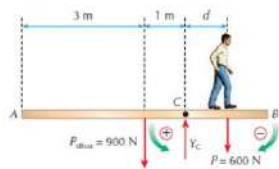
A máxima distância x ocorre quando a tábua está na iminência de girar em torno da articulação C; nessa condição não há contato entre a tábua e o apoio A. Para a determinação de x , impomos a soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto C.

$$M_C = M_{\text{tábua}} + M_P = 0 \Rightarrow 900 \cdot 1 - 600 \cdot d = 0 \Rightarrow d = 1,5 \text{ m}$$

A contar do ponto A, temos:

$$x = AC + d \Rightarrow x = 4 + 1,5 \Rightarrow x = 5,5 \text{ m}$$

Resposta: 5,5 m

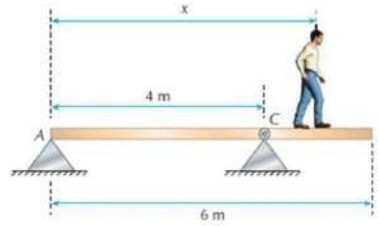


Resolução:

$$M_1 g d_1 - M_2 g d_2 = 0$$

$$d_2 = \frac{M_1}{M_2} d_1 = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg}}{10 \cdot 10^3 \text{ kg}} \cdot 2 \text{ m} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

5. Um homem de peso $P = 600 \text{ N}$ caminha numa tábua de madeira apoiada em A e articulada em C. O peso da tábua é $P_{\text{tábua}} = 900 \text{ N}$ e seu comprimento é de 6 m. Determine a máxima distância x , indicada na figura, que o homem pode caminhar sobre a tábua para que ela fique em equilíbrio.



Grua ou guindaste

A grua é um instrumento mediante o qual podemos elevar e movimentar cargas, acondicionadas em contêineres, por exemplo, e materiais pesados de maneira geral.

6. A que distância o operador de uma grua deve colocar o contrapeso móvel de 10 toneladas se quiser deslocar com segurança uma carga de massa de 2 toneladas, elevada a partir de um ponto que dista 2 metros da base da torre?

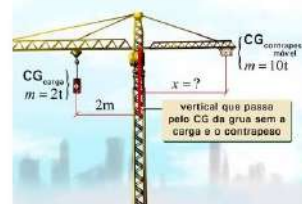
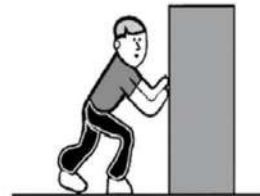


Figura: Equilíbrio entre a carga e o contrapeso móvel numa grua.

Inclinando o Bloco

Imagine que você esteja empurrando com uma força tal que, se apenas levemente aumentada, o bloco começa a se inclinar. Se existem binários calcule a magnitude de cada torque (TIPLER 6ª ed. Adaptada)



Bibliografia

- JÚNIOR, Francisco Ramalho, FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os Fundamentos da Física*, 10. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2014. vol. 01.
- MARQUES, Gil da Costa. *Mecânica Clássica para Professores*. São Paulo: Editora Edusp, 2014.
- TIPLER, P. A. *Física Para Cientistas e Engenheiros* 1. 6ª ed. São Paulo: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 2014.

**Obrigado pela
Atenção!**

Ciclo 4

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Física Ensino Médio Estática – Parte 3

Máquinas simples

As máquinas simples ou compostas obtidas a partir da cunha recebem o nome de instrumentos Acheulianos. Inicia-se com essa descoberta a fase em que o homem adquire a capacidade de interferir no meio ambiente. De fato, a descoberta desses instrumentos - as máquinas simples - permitiu ao ser humano fazer uma transição na sua forma de interagir com outros animais e interferir na natureza. Máquinas simples são instrumentos que nos permitem mudar tanto a direção como também o módulo de uma força aplicada. O conceito mais importante nesse contexto é o da vantagem mecânica, que está associado à multiplicação da força aplicada mediante o uso da máquina.



Acheulianos

Máquinas simples

Desde priscas eras, os seres humanos têm procurado desenvolver máquinas e instrumentos voltados para facilitar o desenvolvimento das suas múltiplas atividades. Alguns antropólogos estabelecem, como marco na transição entre os seres mais primitivos dos quais eventualmente descendemos - os hominídeos - para o *Homo sapiens*, o desenvolvimento de máquinas, as quais denominamos hoje máquinas simples. A primeira máquina de que se tem notícia foi algo análogo ao que chamamos hoje de machadinha.



Tipos básicos de máquinas simples

Adotaremos a classificação de máquinas simples utilizada desde o período da Renascença. Essa é uma definição clássica. Ela considera máquina simples como aquela que é composta de apenas uma peça. Elas são:



Figura 1: Exemplos de máquinas simples.

Hoje em dia ampliamos tal definição para incorporar máquinas compostas a partir das máquinas simples clássicas. Assim, a tesoura, o alicate, a pinça e o machado, por exemplo, são máquinas compostas.



Figura 2: Alguns exemplos de máquinas compostas de máquinas simples.

Alavanca

Alavanca é um corpo rígido, sólido, de forma alongada (relativamente fina, como uma haste) e que, quando apoiada num ponto, denominado fulcro, pode ser colocada em rotação em torno desse ponto.

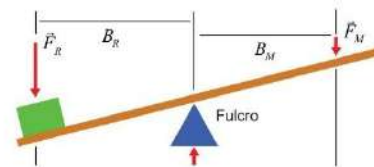


Figura 3: As forças motriz (F_M) e resistente (F_R) e os respectivos "braços" B_F e B_R em relação ao fulcro.

Interfixa

É aquela em que o fulcro se situa entre os pontos nos quais as demais forças estão aplicadas.



Figura 4: (a) O operador puxa a alavanca interfixa com a intenção de mover uma pedra robusta. (b) O DCL da alavanca. O fulcro A situa-se entre a força motriz (F_M) aplicada pelo operador em C e a força (F_R) em B (esta força é a reação à força que a alavanca aplica na pedra no ponto B).

Inter-resistente

Quando a força resistente é aplicada num ponto situado entre o ponto de apoio e o ponto no qual a força motriz é aplicada.

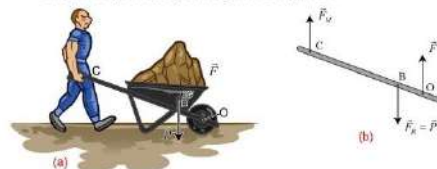


Figura 5: (a) O carrinho de pedreiro se reduz a uma alavanca inter-resistente, conforme se pode notar em (b), o respectivo DCL. A força F_M é a força aplicada pelo operador no ponto C da alavanca; o ponto O é o fulcro e representa o eixo da roda, sobre o qual a alavanca se apoia; este eixo é empurrado para baixo devido à carga do carrinho e F é a força de reação do eixo sobre a alavanca. Em (b) representa-se a força que o peso da carga exerce sobre a alavanca. É a força resistente F_R a ser vencida pela máquina simples em tela.

Interpotente

Refere-se ao caso em que a força motriz é aplicada num ponto situado entre o ponto de apoio e o ponto no qual a força resistente é aplicada. Essa

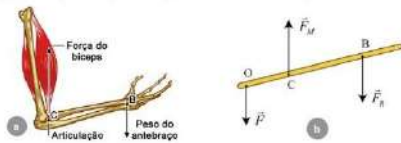


Figura 6: (a) O antebraço é mantido na posição indicada pela ação da força do biceps no ponto C. A carga a ser suportada é o peso do antebraço que se aplica no CG. O sistema funciona como uma alavanca interpotente. Em (b) temos o DCL da alavanca (antebraço reduzido a uma alavanca), onde F_M é a força do biceps e F_R é o peso do antebraço (a resistência a ser vencida).

Roldanas

A rigor, uma roldana nada mais é do que uma roda que gira ao redor de um eixo passando pelo centro dela. Essa roda deve ser dotada de um sulco para que por ele passemos um cabo flexível ou uma corda (como é mais usual).



Figura 7: (a) Características principais de uma polia móvel ou roldana. (b) Polia móvel em operação: erguer a carga puxando o fio para baixo é mais cômodo do que erguê-la puxando-a diretamente para cima.

Exemplo

Na Figura 5, a carga total do carrinho é de 600 N.



- Qual a força que o operador exerce sobre o carrinho?
- Qual a vantagem mecânica do sistema?

Respostas: $F_M = 200 \text{ N}$, $V_M = 3$

Roda e Eixo

Afirma-se que uma das maiores descobertas da história da humanidade tenha sido a Roda. Certamente, isso é válido para a Antiguidade. Uma das suas funções é eliminar, ao máximo, a força de atrito com o solo, que dificulta tremendamente o trabalho quando se arrasta um corpo (não redondo) sobre o solo. Provavelmente, ela terá sido derivada do rolete, que são troncos arredondados de árvores, que facilitam o transporte de objetos a longas distâncias, como requeendo no antigo Egito.



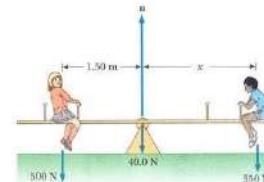
Figura 8: Sarilho usado para erguer balde com água do interior de uma cisterna com água.

exercício proposto

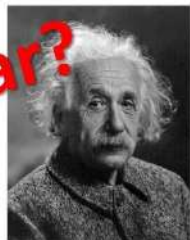
Duas crianças se equilibram em um balanço. Determine o valor da força vertical n e a posição x da segunda criança

Ref: Serway: Physics 4th ed. Chap. 12

Respostas: $n = 890 \text{ N}$, $x = 2.14 \text{ m}$



Vamos
Exercitar?



Bibliografia

- MARQUES, Gil da Costa. Mecânica Clássica para Professores, São Paulo: Editora Edusp, 2014.
- TIPLER, P.A. Física Para Cientistas e Engenheiros 1. 6ª ed. São Paulo: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 2014.

Apêndice C: Fichas de atividades Mão na massa
Mão na massa do Ciclo 1 (Inércia) (MMC1)

Materiais:

Copos plásticos, folhas de papel sulfite e moedas.

Alunos

Figura1. Ilustração do experimento Mão na Massa Ciclo 1



Fonte: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

1. Como mover o papel debaixo da moeda da [figura 1.1](#), sem tocar nela, fazendo com que esta permaneça no mesmo lugar? Sua resposta é válida para qualquer velocidade?
2. Descreva utilizando os termos da física em que objetos você observou mudança no estado de movimento? Faça suas considerações.

Perguntas instigantes

Quando você puxa o papel lentamente, por quê os objetos se movem com ele?

O atrito é o mesmo se você puxar rapidamente?

Se utilizássemos uma bolinha de Poliestireno (Isopor) ou uma de aço, o fenômeno observado seria o mesmo? Com a mesma intensidade? Por quê?

Mão na massa do Ciclo 2 (MMC2)

Equilíbrio de um corpo rígido.

Materiais:

01 tripé tipo estrela 1kg de ferro fundido com manípulo e sapatas niveladoras;

01 haste Ø12,7x400mm;

01 fixador metálico com haste para pendurar travessão;

06 massas aferidas de 50g com gancho para acoplamento rápido;

01 travessão de metal com 15 furações e escala 20cm - 0 - 20cm;



Alunos

Objetivos de aprendizado:

Descrever os fatores que determinam se dois objetos se equilibrarão entre si;

Prever como mudar a posição de uma massa na balança afetará o movimento da balança;

Usar um equilíbrio para encontrar as massas de objetos desconhecidos.

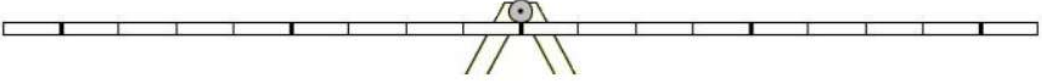
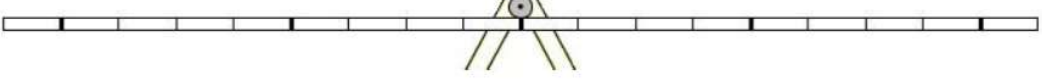
Instruções:

1. Explore a simulação do Balanço com seu parceiro. Ao explorar, fale sobre o que você encontra com seu parceiro (cerca de 5 minutos).

2. Há mais de uma maneira de obter dois objetos com massas idênticas para equilibrar? Como?

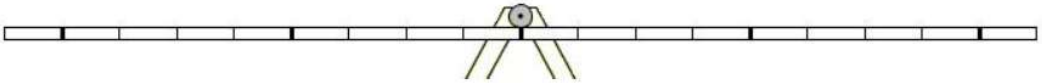
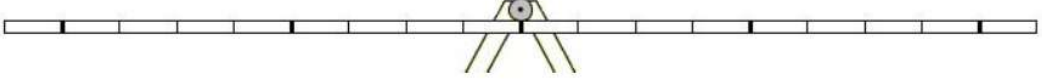
3. Em seguida, tente obter dois objetos com massas diferentes para equilibrar. Tente descrever pelo menos duas formas diferentes que você conseguiu equilibrá-las e desenhá-las abaixo.

Certifique-se de rotular as massas e a distância de cada massa a partir do centro (ponto de giro).

1.	
2.	

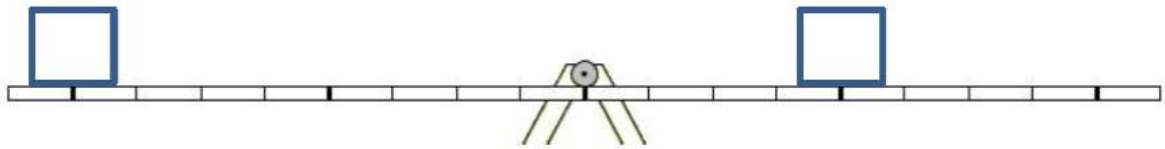
4. Desenhe dois exemplos de balanceamento de uma única massa em um lado com duas outras massas

Certifique-se de rotular as massas e a distância de cada massa a partir do centro (ponto de giro).

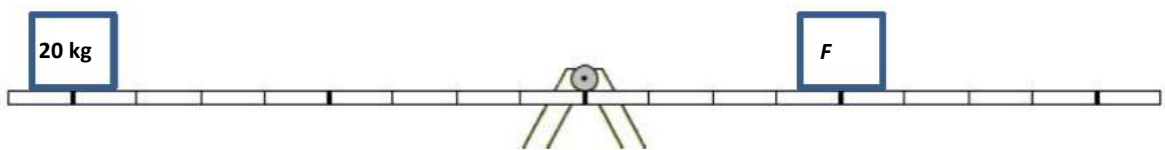
1.	
2.	

5. Para suas fotos na Questão 4, desenhe as forças de cada massa.

6. Tente desenhar o que acontecerá em seguida, se a caixa à esquerda for de 45 kg e a caixa à direita for de 60 kg.

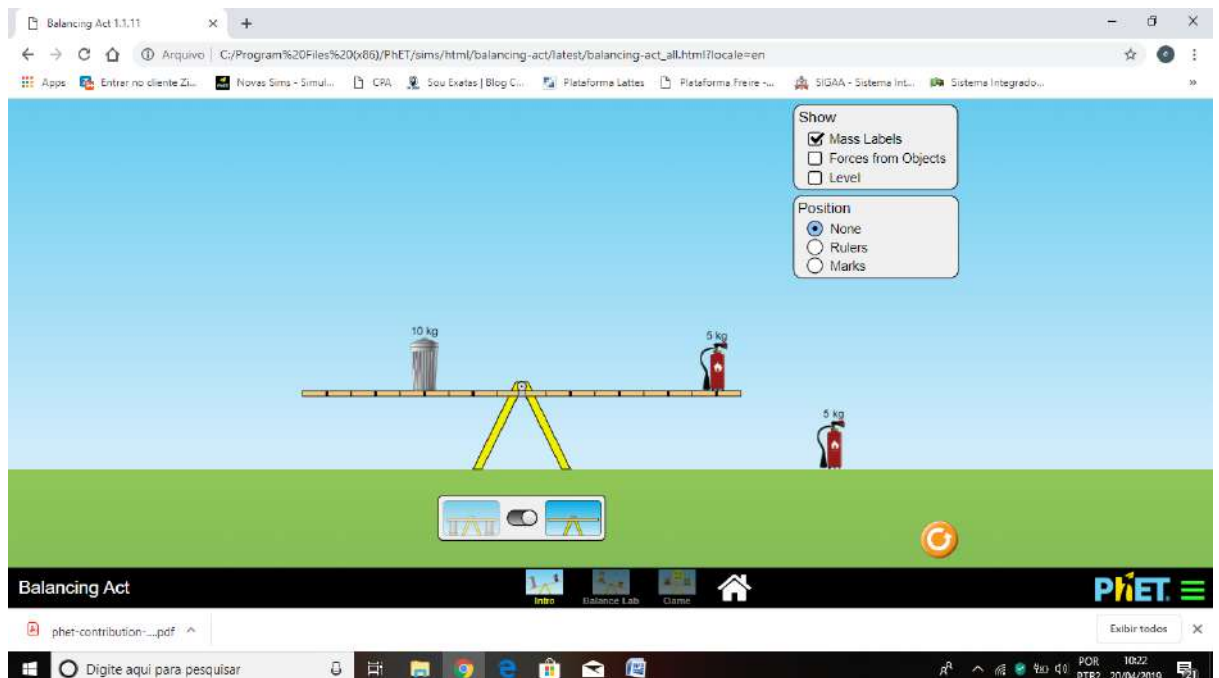


7. Desafio! Qual é a massa do objeto misterioso F? Explique como você determinou a massa.



Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa Universidade do Colorado

[file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/PhET/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=en](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/PhET/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=en)



Mão na massa do Ciclo 3 (MMC3)

Mesa de Força

Materiais:

- 01 dinamômetro de 2N e precisão 0,02N;
- 02 tripés tipo estrela com manípulo;
- 01 haste 25cm com furo;
- 01 haste 25cm;
- 04 massas aferidas de 50g com gancho;
- 01 disco transferidor Ø235mm;
- 01 mesa circular Ø20cm com base e 03 roldanas;
- 01 carretel de linha;
- 01 fixador metálico com haste 3cm;
- 01 unidade de armazenamento 40x50cm;



Alunos

Objetivos de aprendizado:

Adição de vetores;
 Força resultante;
 Força equilibrante;
 Composição de forças;
 Decomposição de forças;
 Equilíbrio de um ponto.

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto;
02. Preencher tabela abaixo.

$m = 100g$			
F_1		α_1	
F_2		α_2	
F_3		α_3	
F_R		α_R	

Atividades

1. Como você determinou as forças que as massas aferidas exercem? Por quê?

2. Que conclusão você pode tirar sobre a relação entre a força do dinamômetro e a resultante entre as três forças das massas penduradas?

3. Qual é a força resultante de todas as forças envolvidas no experimento? Justifique.

Mão na massa do Ciclo 4 (MMC2) Roldanas

Materiais:

- 03 massas aferidas 50g com gancho;
- 01 tripé tipo estrela com manípulo;
- 01 fixador de plástico com duas roldanas fixas;
- 01 carretel de linha;
- 01 roldana simples móvel;
- 01 roldana simples fixa;
- 01 haste fêmea 405mm;
- 01 haste macho 405mm;
- 05 ganchos de ferro tipo "S".



Alunos

Objetivos de aprendizado:

Associação de Roldanas

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto. Colocar duas massas de **50g** na roldana móvel;

02. Determinar o peso das massas (duas massas de **100g** roldana móvel)

$F_{RE} = \underline{\hspace{2cm}}$ N (Força resistente)

03. Anotar o valor da força motora.

$F_m = \underline{\hspace{2cm}}$ N (Força motora)

04. Os valores de F_{RE} e F_m foram iguais?

05. Calcular a vantagem mecânica da roldana móvel.

$$V_m = F_{RE}/F_m = \underline{\hspace{2cm}}$$

06. Fazer um comentário para aplicação prática da roldana móvel.

Apêndice D: Modelo de Ficha Avaliativa de apresentação do PI

CURSO DE EDIFICAÇÕES
Projeto Integrador Grua
Professor: Rosevaldo Barros

FICHA AVALIATIVA

Assinatura do Avaliador _____

Bragança,
Junho 2019



CURSO DE EDIFICAÇÕES
Projeto Integrador Grua
Professor: Rosevaldo Barros

FICHA AVALIATIVA³⁸

Regras para a Atividade

- 1) O guindaste grua deverá ter uma altura de 80 cm entre o chão e a parte inferior da lança de içamento;
- 2) A lança deverá ter no mínimo 60 cm entre o centro da torre e a ponta da lança e deverá ter um deslocamento de carga de no mínimo 40 cm;
- 3) Os dispositivos de içamento podem ser elétrico ou manual;

Materiais obrigatórios

- Palitos de sorvetes;
- Peso a ser içado: pode ser representado por “anilhas (pesos de academia)” uma de 3 kg e outra de 5 kg ou material similar.

Avaliação

- 1) O dispositivo deve levantar de 5 kg até a parte inferior da lança, a uma distância de 25 cm da parte externa da torre (2,5 pontos);
- 2) O dispositivo deve levantar 3 kg até a parte inferior da lança, a uma altura de 50 cm da parte externa da torre (3,0 pontos);
- 3) Em ambos os casos, o dispositivo deverá ser capaz de fazer um giro de 360° para cada uma das atividades seja válida (2,25 pontos em cada giro com carga diferente).

AVALIAÇÃO	ÍTEM 1	ÍTEM 2	ÍTEM 3	TOTAL

ESTRUTURA DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO ORAL

Itens a considerar	Máximo	Obtido
1. Apresentação	0,5	
2. Introdução	0,5	
3. Organização das idéias (coerência e coesão)	1,0	
4. Domínio dos conteúdos	2,0	
5. Poder de síntese	1,0	
6. Objetividade	1,0	
7. Consistência argumentativa	2,0	
8. Sequência lógica do raciocínio	1,0	
9. Correção e propriedade da linguagem	1,0	
Total	10,0	

³⁸ Esta subseção do trabalho utilizou-se do material de autoria de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - PROJETO INTEGRADOR III. Acesso em: 22 fev. 2019.

Apêndice E : Modelo de Questionário Avaliativo para os alunos sobre o PI



CURSO DE EDIFICAÇÕES
Projeto Integrador Grua
Professor: Rosevaldo Barros

PROJETO INTEGRADOR GRUA

Questionário Avaliativo sobre o Projeto Integrador (PI) no curso de Técnico em Edificações.

Idade: _____ Período: _____

Sexo: ☐ F ☐ M

O presente questionário tem por objetivo compreender a melhor importância das atividades do PI para a instituição e principalmente para o Curso de Edificações.

Suas respostas serão anônimas e mantidas em sigilo. Leia atentamente as frases que seguem. Marque utilizando a escala abaixo, o número que melhor corresponde a sua avaliação.

1 Insatisfeito	2 Satisfeito	3 Muito satisfeito
1. “Praticar para assimilar”, você se diz satisfeito com a pratica proporcionada com o PI na ajuda de lhe formar bases para enfrentar o mercado competitivo?	1	2 3
2. Considerando que o conhecimento é algo que se adquire não apenas com informações, qual o seu nível de satisfação em relação aos conhecimentos adquiridos no PI?	1	2 3
3. O PI tem por objetivos buscar a interação entre as matérias do curso. Você se diz satisfeito com a interação que ocorreu no PI?	1	2 3
4. O Projeto proposto deve pertencer à realidade do aluno diante dos objetivos do curso. Você se diz satisfeito com o proposto no PI?	1	2 3
5. A atividade deveria proporcionar uma atmosfera propícia à cooperação, características essenciais para um bom trabalho em equipe. Qual o seu grau de satisfação quanto a isso?	1	2 3
6. A finalidade do projeto é a aprendizagem significativa de conteúdos relacionados ao problema. Você se diz satisfeito com a aprendizagem desenvolvida no PI?	1	2 3

Apêndice F: Modelo de Diário de Bordo

CURSO DE EDIFICAÇÕES
Projeto Integrador Grua
Professor: Rosevaldo Barros

DIÁRIO DE BORDO

DATA**LOCAL****OBJETIVO DO DIA****ORIENTAÇÕES DO PROFESSOR****IMPREVISTOS E SOLUÇÕES****AÇÕES PARA REALIZAR**

- 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.
 - 5.
 - 6.
 - 7.
 - 8.
 - 9.
 - 10.
-

Anexos

Anexo A: Conceitos de Propriedades de Materiais importantes para a construção de uma ponte ou grua de palitos de picolé

Nesta seção, o professor vai encontrar informações e conceitos de Física e Resistência de Materiais que são fundamentais para o dimensionamento e construção de uma ponte ou grua de palitos de picolé.

A **resistência mecânica** é uma medida da força necessária para quebrar um objeto. Tratamentos térmicos adequados podem aumentar, consideravelmente, a resistência mecânica de objetos de aço. Alguns objetos se tornam mais fracos quando são deformados repetidamente.

A **rigidez** é uma medida da resistência de um objeto a deformações. Uma barra de aço, por exemplo, é muito mais rígida que uma tira de borracha. A constante elástica de uma mola é uma medida da rigidez da mola. A resistência mecânica e a rigidez dependem da forma, do material de que é feito o objeto e das suas dimensões.

A **elasticidade** está relacionada com a capacidade de um objeto de voltar à forma original depois de ser deformado. Uma tira de borracha, por exemplo, volta ao comprimento original quando é liberada depois de ter sido esticada, mas o mesmo não acontece com uma tira de polietileno (o tipo de plástico usado para embrulhar alimentos). O limite de elasticidade de um objeto é a deformação máxima que o material pode sofrer sem perder a capacidade de voltar à forma original. Quando a deformação de um material excede o limite de elasticidade, dizemos que o material passou a apresentar comportamento plástico.

Tensão é definida como a força "**F**" por unidade de área que atua perpendicularmente à área "**A**" (figura A.1). A unidade de tensão " **σ** " é o pascal (Pa) que é igual a 1 N/m^2 .

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Figura A.1: representação da aplicação de uma tensão axial aplicada em uma barra

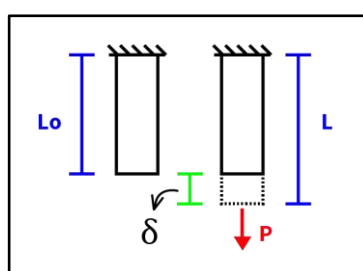


fonte: Costa (2018)

Deformação é definida como a variação de comprimento por unidade de comprimento. Como é uma razão entre duas grandezas com as mesmas dimensões, a deformação é uma grandeza adimensional. No caso de uma barra de comprimento L_0 que ao ser submetido a uma tensão σ , passa a ter um comprimento $L = L_0 + \delta$ (veja a [figura A.2](#)), a deformação ϵ é dada pela equação abaixo.

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

Figura A.2. Representação da aplicação de uma tensão axial aplicada em uma barra e a devida deformação.



Fonte: Costa (2018)

Módulo de elasticidade, também chamado de **Módulo de Young**, dado pela razão entre a tensão (σ) e a deformação (ϵ), é uma grandeza que mede a rigidez ou a elasticidade do material. Quanto maior for o seu valor, mais rígido este material será, em outras palavras, será necessária uma aplicação maior de tensão no corpo para causar uma mesma deformação. O gráfico na [figura A.3](#) ilustra o módulo de elasticidade (**E**) de um material exposto a um ensaio de tração. A unidade é a mesma de tensão, sendo a mais comum o megapascal (MPa). A [tabela A.1](#) traz alguns módulos de elasticidade de madeira de uso comum em Engenharia Civil e a [tabela A.2](#) traz outros materiais também comuns:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Tabela 5.1. Módulos de elasticidade de algumas madeiras ¹³.

Espécie de Madeira	Módulo de elasticidade em GPa
Angelim pedra (<i>Hymenolobium petraeum</i>):	12.9
Casca grossa (<i>Vochysia</i>)	16.2

Cupiúba (<i>Goupia glabra</i>)	13.6
Eucalipto Citriodora (<i>Eucalyptus citriodora</i>)	18.4
Eucalipto Grandis (<i>Eucalyptus grandis</i>)	12.8
Eucalipto Maculata (<i>Eucalyptus maculata</i>)	18.1
Eucalipto Urophylla (<i>Eucalyptus urophylla</i>)	13.2
Ipê (<i>Tabebuia serratifolia</i>)	18.0
Jatobá (<i>Hymenaea</i>)	23.6
Cedro doce (<i>Cedrella</i>)	8.06

Fonte: (INSTITUTO DE DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2018)

Tabela A.2. Módulo de elasticidade de outros materiais utilizados na construção civil³⁹.

Material	Módulo de elasticidade em Gpa
Alumínio	69
Latão	16
Cobre	110
Aço	200
Vidro <i>Pirex</i>	62

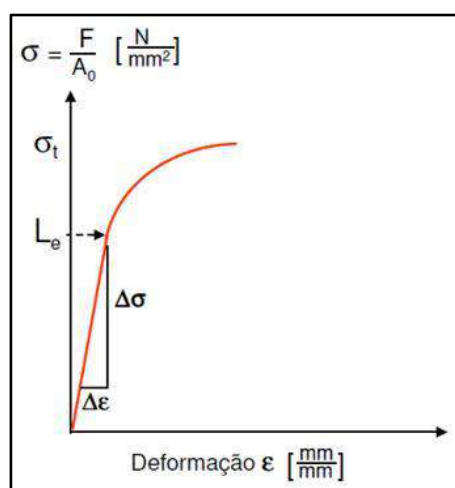
³⁹ Estes valores são representativos. Valores reais para amostras específicas podem diferir.

Continua.

Tijolo cerâmico	14
Concreto	25

Fonte: Adaptada de Cutnell 2012 e Tipler 2012

Figura A.3: representação gráfica da relação entre tensão (σ), deformação (ϵ) e módulo de elasticidade (E).



Fonte: Adaptada de Neto 2017.

Barras são elementos estruturais lineares, ou seja, aqueles em que o comprimento longitudinal é maior em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal. Os exemplos mais comuns são vigas e pilares.

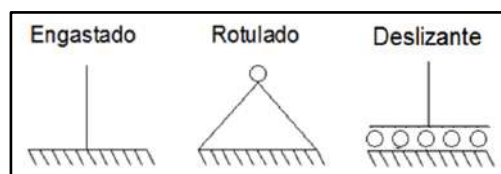
No FTOOL, para a análise estrutural, é necessário a escolha de algumas variáveis das barras, como seu material, módulo de elasticidade, comprimento e seção transversal.

As **reações de apoio** são responsáveis pelo vínculo da estrutura ao solo ou a outras partes da mesma, de modo a ficar assegurada sua imobilidade, a menos dos pequenos deslocamentos devidos às deformações.

Nos sistemas planos, existem três tipos de movimentos: translação no eixo x, translação no eixo y e rotação no eixo z.

Os **vínculos** podem ser classificados em função do número de movimentos que impedem. Portanto, temos apoios com três graus de liberdade: vínculos simples, duplo e triplo (Figura 5.3).

Figura A.4: representação esquemática dos vínculos.



Fonte: COSTA, 2018

Vínculo simples (deslizante), também chamado de apoio móvel ou de 1º gênero, impede apenas um movimento, normalmente o de translação.

Vínculo duplo (rotulado), também chamado de apoio fixo ou de 2º gênero, impede dois movimentos, permitindo apenas o de rotação.

Vínculo triplo (engaste), também chamado de engaste, impede os três movimentos.

Ensaio são realizações de testes que visam determinar propriedades físicas de um material. São normalmente padronizados por norma própria a exemplo da NBR 5739 que trata do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto.

Ensaio de compressão é a aplicação de uma força uniaxial de compressão em um corpo de prova específico até ocorrer a ruptura. Desse ensaio, é possível obter o limite de resistência à compressão que é indicada pelo ponto máximo de uma curva de tensão-deformação obtido pelo ensaio de compressão.

Ensaio de tração é a aplicação de uma força uniaxial de tração em um corpo de prova específico até ocorrer a ruptura. Desse ensaio, é possível obter o limite de resistência à tração que é indicada pelo ponto máximo de uma curva de tensão-deformação obtido por meio de um ensaio de tração.

Podemos plotar os resultados dos ensaios em um gráfico Tensão versus Deformação como ilustrado na [figura A.3](#).

A partir da análise do diagrama Tensão x Deformação, podemos destacar pontos importantes que merecem ser estudados.

- **Fase elástica:** É a fase na qual o material recupera suas dimensões originais após a retirada dos esforços externos sobre ele. A fase elástica obedece à **Lei de Hooke**, pois o deslocamento do estado inicial é proporcional a força aplicada, representada algebricamente pela equação 3.
- **Fase plástica:** É a fase a partir da qual o material sofre uma deformação permanente.
- **Limite de Proporcionalidade:** região do gráfico onde é válida a Lei de Hooke.

- **Escoamento:** Início da deformação plástica, consiste propriamente dito em um grande alongamento do material sem acréscimo significativo de carga, com oscilações na velocidade de deformação.
- **Limite de ruptura:** Corresponde ao ponto no gráfico em que ocorre a fratura do material.
- **Limite de resistência LR:** Corresponde à máxima tensão que o material suporta sem romper-se. É calculada por:

$$LR = \frac{F_{máx}}{A_{inicial}}$$

Onde $F_{máx}$ é a força máxima aplicada e $A_{inicial}$ é a secção reta da inicial do corpo de prova.

Treliças plana e espacial

Treliças são armações de barras interligadas entre si por ligações rotuladas, de modo que as barras estejam sujeitas apenas a esforços axiais. Denominamos como treliças planas as armações que pertençam a um único plano e espaciais armações que formem módulos tridimensionais piramidais (em formato de pirâmide). (COSTA, 2018)

Anexo B: Pequeno Tutorial Ftool.

Nesta seção, o professor encontrará um tutorial básico pensado para profissionais que desconhecem completamente a ferramenta Ftool. Iniciamos orientando a realizar o download, após, fazemos uma exploração das principais ferramentas e funcionalidades e, em seguida, construímos uma estrutura simples.

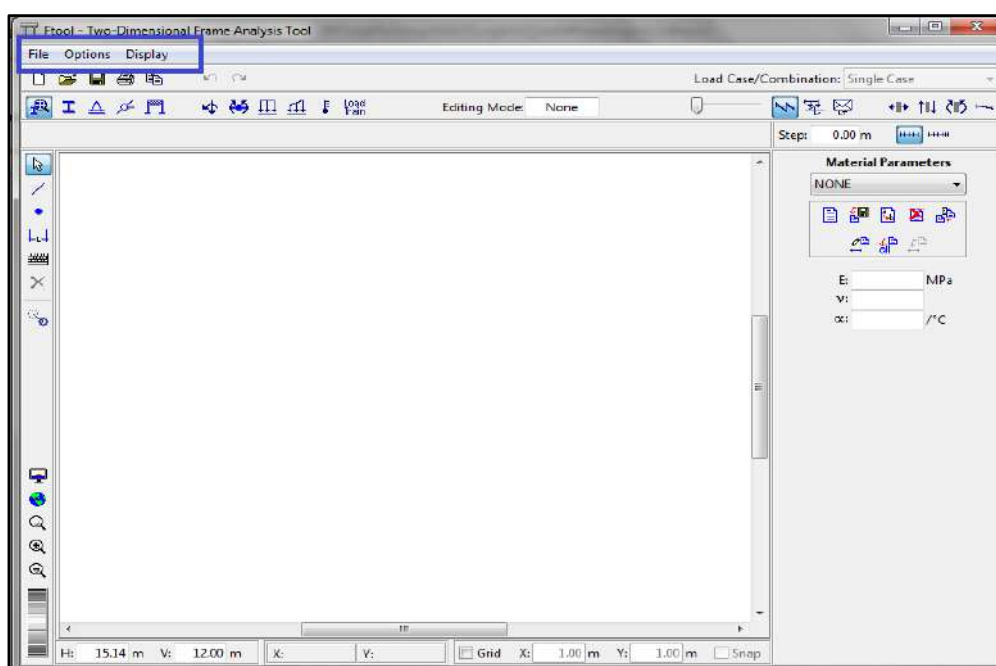
Procuramos produzir um material mais direcionado aos objetivos deste trabalho. Caso o professor queira expandir suas habilidades de uso do software, aconselhamos a utilização do material disponibilizado gratuitamente pelo fabricante no site: https://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/ftool/index_en.html.

Para a instalação digite em seu navegador o seguinte endereço: <https://www.ftool.com.br/Ftool/>, entre no site e depois clique em download. Faça seu cadastro com seus dados pessoais e o download do arquivo. O arquivo disponibilizado é do tipo executável, não sendo necessária a instalação do programa.

Vamos ao “passo a passo”:

Abra o arquivo ftool.exe, após o carregamento, esta será a **tela inicial** do programa, figura B1.

Figura B.1: tela inicial do Ftool com destaque (em azul) para barra de comando.



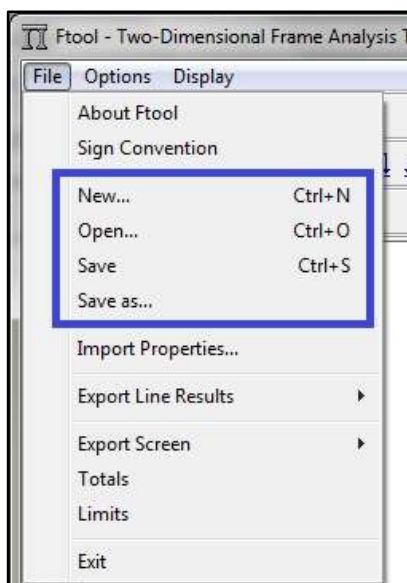
Fonte: Costa (2018)

Na barra de comandos do programa, destacada em azul, há três menus: **File**, **Options** e **Display**.

No menu File, há as opções (ver [figura B.2](#)):

- NEW (para abrir um novo arquivo no formato .ftl, padrão do ftool)
- OPEN (para abrir um arquivo do tipo .ftl)
- SAVE (para salvar o projeto com o mesmo nome)
- SAVE AS (para salvar o projeto atual como outro arquivo)

Figura B.2: imagem do detalhe na tela do ftool ao acionar o botão “File” com destaque (em azul) para as funções e seus atalhos.

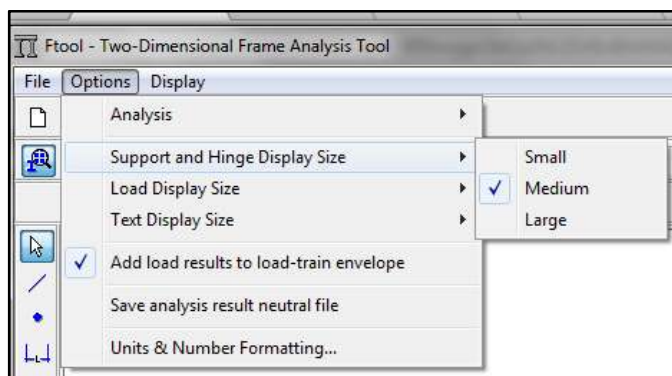


Fonte: Costa (2018)

No menu options, o qual vemos na imagem abaixo ([figura B.3](#)), há as opções:

- Support and Hinge Display Size: Selecionar o tamanho de exibição dos apoios (small=pequeno, medium=médio e large=grande);
- Load Display Size: seleciona o tamanho de exibição dos esforços (small, medium e large);
- Text Display Size:, seleciona o tamanho de exibição do texto (small, medium e large);

Figura B.3: imagem do detalhe na tela do ftool ao acionar o botão “Options”.

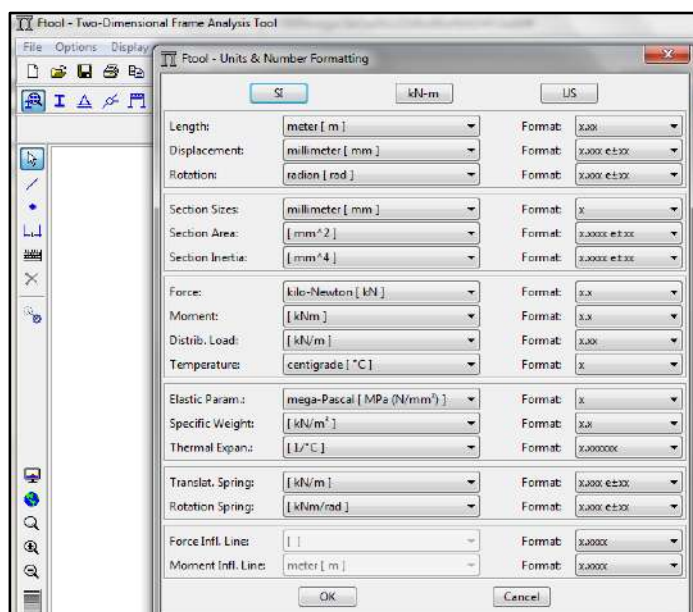


Fonte: Costa (2018)

- Units & Number Formatting: Abre a seleção de unidades a serem utilizadas e precisão em casas decimais (figura B.4).

Nesta janela, você terá a opção de mudar as unidades de medida das grandezas listadas, além do formato numérico de saída. Observe no topo da janela que há os sistemas de unidades mais comuns (SI, US).

Figura B.4: janela de ajuste de unidades.



Fonte: Costa (2018)

O ajuste de unidades pode ser auxiliado com a tradução dos termos nativos do ftool, para isso construímos a tabela B.1 que traz duas colunas a da esquerda com termos em inglês e a da direita com os termos traduzidos para o português.

Tabela B.1: tabela de grandezas com termos traduzidos.

Grandeza em inglês	Grandeza em português
<u>Lenght</u>	Comprimento
Displacement	Deslocamento
Rotation	Rotação
Section Sizes	Dimensões da seção
Section Area	Área da seção
Section Inertia	Inércia da seção
Force	Força

Moment	Momento
Distrib. Load	Carga distribuída
Elastic. Param.	Módulo de Elasticidade
Specific Weight	Peso específico
Thermal Expan.	Expansão Térmica
<u>Translat. Spring</u>	Constante elástica de translação
Rotation Spring	Constante elástica de rotação

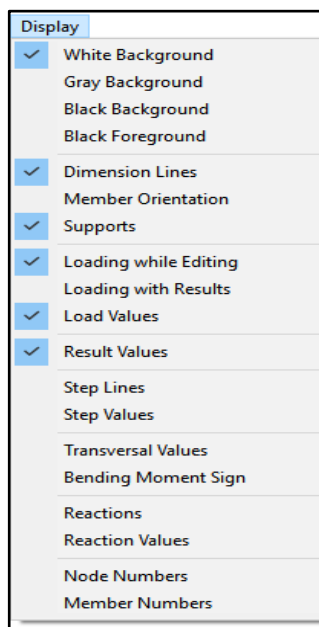
Fonte: Costa (2018)

Após selecionar as unidades e formatos pretendidos, clique em OK para sair com as alterações salvas.

Ao clicar no menu **Display**, uma lista de comandos aparecerá na tela (figura B.5). É possível marcar/desmarcar as opções que ficarão visíveis na tela, com a preferência

do usuário, como a cor de fundo da tela inicial; as dimensões das linhas; apoios; valores de cargas; reações; valores de reações, etc.

Figura B.5: imagem da janela Display.



Fonte: Costa (2018)

A tabela B.2 abaixo traz uma lista de tradução dos comandos apresentados na janela Display.

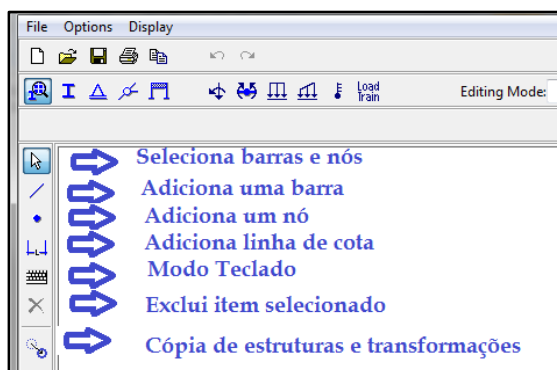
Tabela B.2: funções da janela Display traduzidas.

Função em inglês	Função em português
white Background	Fundo branco
Gray Background	Fundo cinza
Black Background	Fundo preto
Dimension Lines	Linhas de Dimensão
Member orientation	Orientação para membros
Supports	suportes
loading while Editing	carregamento durante a edição
Load with Results	Carga com resultados
Step Lines	Linhas de Passo
Step Values	Valores do Valores
Transversal Values	Valores Transversais
Bending Moment Sign	Sinal de momento de flexão
Reactions	Reações
Reactions values	Valores de Reações
Node Numbers	Número de nós
Member Numbers	Números de membros

Fonte: Costa (2018)

No canto esquerdo da tela inicial, há vários comandos de edição, com os quais será possível as estruturas de acordo com o desejo do usuário. A [figura B.6](#) abaixo destaca cada funcionalidade:

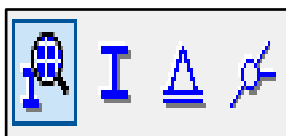
Figura B.6: imagem do menu edição com indicação e localização da função.



Fonte: Costa (2018)

O menu de propriedades de nós e barras fica acima do menu de edição, a [figura B.7](#) abaixo explicita as suas funções, as quais estão dispostas na ordem da esquerda para a direita.

Figura B.7: imagem do menu de propriedades de nós e barras.

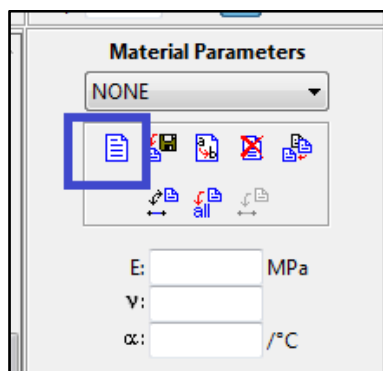


Fonte: Costa (2018)

- **Material parameters:** menu de propriedades da barra selecionada
- **Section properties:** menu de definição das seções transversais nas barras
- **Support conditions:** menu de condições de apoio nos nós
- **Rotation release:** menu de condições de articulação

Ao clicar no menu **Material parameters**, aparecerá a seguinte janela, [figura B.8](#), no canto esquerdo da tela inicial do Ftool.

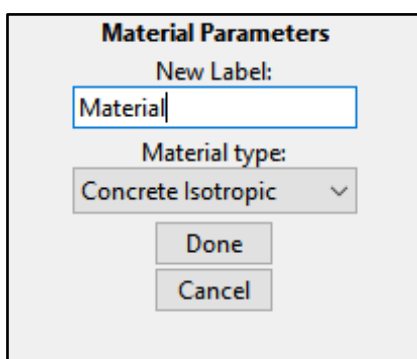
Figura B.8: janela de criação e especificação de materiais.



Fonte: Costa (2018)

Para criar um arquivo de material para as barras, clique na área destacada em azul. Ao clicar, aparecerá a janela ilustrada na [figura B.9](#).

Figura B.9: janela para nome e criar um novo material.

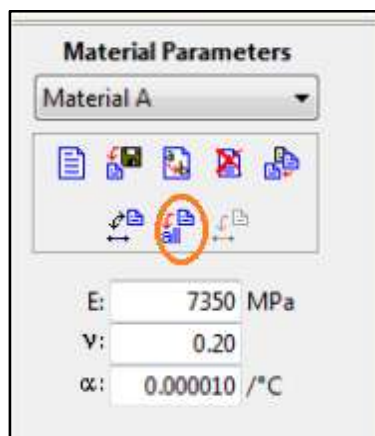


Fonte: Costa (2018)

Em New Label, digite um nome para o material. Após, clique em Material Type e selecione o tipo de material para as barras. Observe o exemplo em que escolhemos o nome de Material A e o tipo de material como Concreto Isotrópico. Clique em Done para salvar as alterações.

Após isso, abrirá, novamente, a janela **Material parameters**, entretanto com os parâmetros do material selecionado (Módulo de elasticidade “**E**”, coeficiente de Poisson “**ν**” e coeficiente de expansão térmica “**α**”) aparecendo na janela. Clique na opção circulada em vermelho para definir o material selecionado para todas as barras presentes na estrutura ([figura B.10](#)).

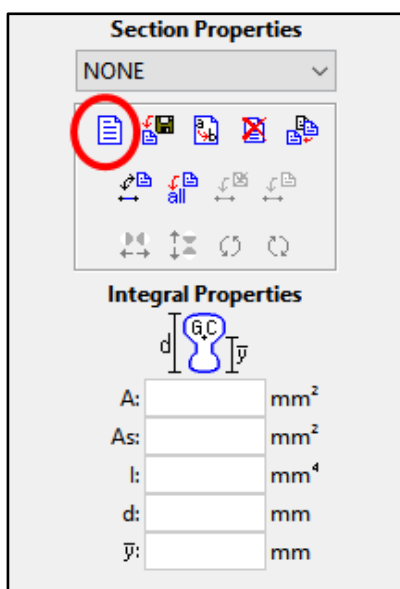
Figura B.10: destaque para o botão de atribuição das características do material.



Fonte: Costa (2018)

Após a definição do material, clique na opção **Section properties** no menu de propriedades de nós e barras. No canto direito da tela inicial do Ftool, aparecerá a janela da [figura B.11](#). Neste menu será onde o usuário selecionará o tipo de seção das barras. Clique na opção circulada em vermelho para criar um novo tipo de seção.

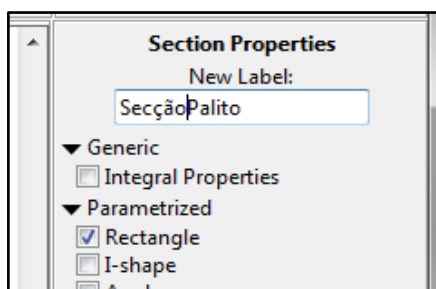
Figura B.11: destaque para o botão que permite criar um novo tipo de secção.



Fonte: Costa (2018)

Em New Label, digite o nome da seção e em parameterized escolha o tipo da seção da barra. Observe no exemplo abaixo que o nome escolhido foi (SecçãoPalito) e o tipo Rectangle ([figura B.12](#)).

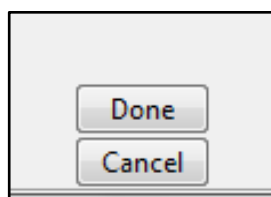
Figura B.12: destaque para nomeação e escolha do tipo de secção.



Fonte: Costa (2018)

Após essas alterações, clique em **Done** na parte inferior da tela ([figura B.13](#)).

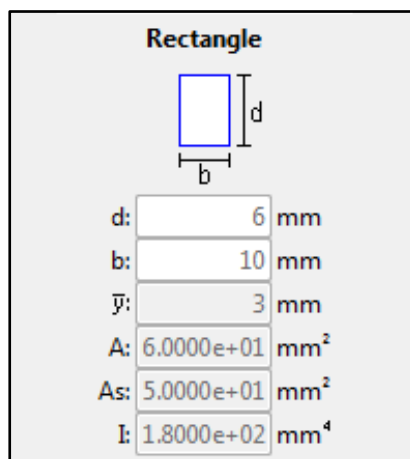
Figura B.13: destaque para o botão done (feito).



Fonte: Costa (2018)

No visor aparecerá uma nova janela onde será possível alterar as dimensões da seção escolhida, no nosso caso, a retangular fornecendo os valores de sua base e altura. No nosso exemplo, a seção será 2 x 8 mm, então digite 6 em **b** e 10 em **d**, [figura B.14](#).

Figura B.14: detalhe da janela de atribuição de dimensões a seção.



Fonte: Costa (2018)

Após, clique na opção circulada em vermelho, destacada na [figura B.15](#), para selecionar essa seção para todas as barras da estrutura.

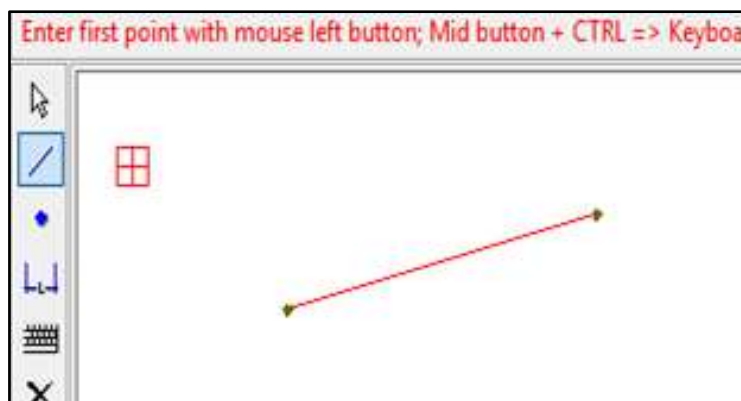
Figura B.15: destaque ao botão de atribuição das características da seção aos elementos da estrutura.



Fonte: Costa (2018)

Após a definição do material e da seção das barras da estrutura, vamos começar a criar a nossa estrutura. No menu de edição, clique na opção inserir barra. Para inserir a barra, clique em um local que será o ponto inicial e depois onde será o ponto final, a exemplo do [figura B.16](#) abaixo.

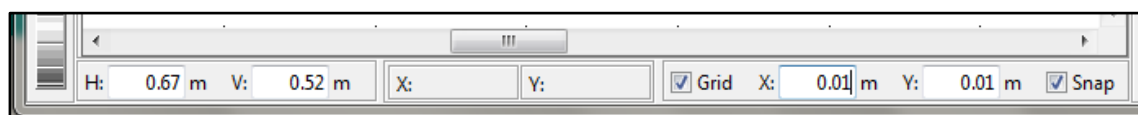
Figura B.16: exemplo de tela com barra inserida no Ftool.



Fonte: Costa (2018)

Entretanto, observe que será dificultoso colocar a barra na horizontal e definir seu tamanho específico. Assim, clique nas opções grid e snap no canto inferior direito da tela ([figura B.17](#)). Com essas opções ligadas, o cursor do Ftool estará somente sobre pontos, igualmente, espaçados de uma unidade (pode ser metros, centímetros ou outra unidade escolhida pelo usuário)(escolhemos em 0,01m). Desse modo, ficará mais fácil colocar barras horizontais e verticais com dimensões inteiras.

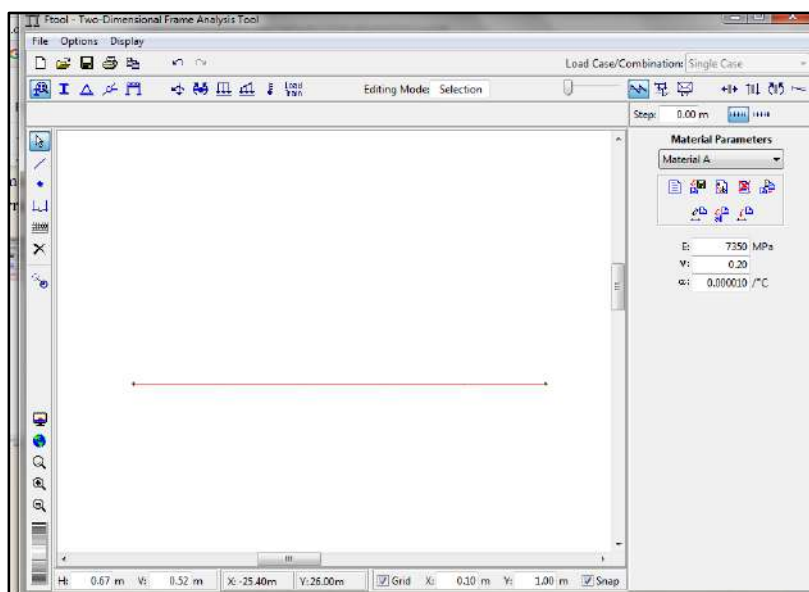
Figura B.17: destaque para as funções grid e snap.



Fonte: Costa (2018)

Vamos adicionar uma barra horizontal de 0,5m, simulando uma viga. Clique em qualquer ponto e arraste o cursor 5 unidades para a direita e em seguida clique para ser o ponto final. A [figura B.18](#), ilustra a imagem que se formará na tela.

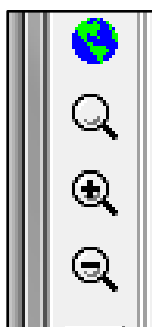
Figura B.18: imagem que se forma ao executar o comando de criação de uma barra.



Fonte: Costa (2018)

Caso queira, altere o zoom da tela nas opções ao lado que aparecem no canto inferior esquerdo da tela inicial ([figura B.19](#)).

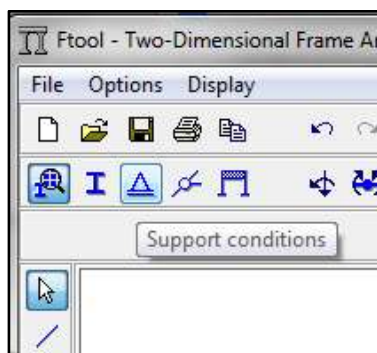
Figura B.19: destaque para as ferramentas de ampliação e redução de tela (zoom).



Fonte: Costa (2018)

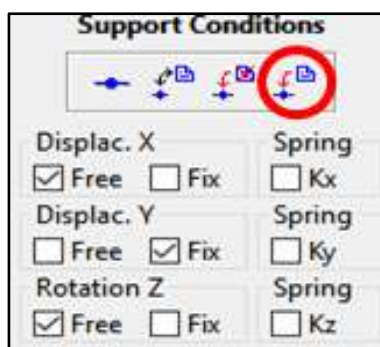
Logicamente, esta viga deverá ter apoios, para criá-los clicamos na opção **Support conditions** no menu de propriedades de nós e barras ([figura B.20](#)). Após, aparecerá a janela abaixo no canto direito da tela inicial ([figura B.21](#)).

Figura B.20: destaque ao botão **Support conditions** (condições de suporte).



Fonte: Costa (2018)

Figura B.21: janela de configuração do vínculo e aplicação no nó.



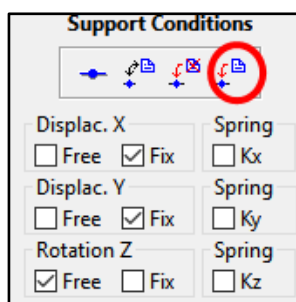
Fonte: Costa (2018)

De acordo com o tipo de apoio, as opções de deslocamento nos eixos X e Y e rotação no eixo Z poderão estar livres (free) ou fixas (fix).

Vamos criar uma viga biapoiada, para isso precisamos de um apoio móvel (1º gênero) e um apoio fixo (2º gênero). Para o primeiro caso, marcamos apenas a opção fix no eixo Y e deixamos as outras livres. ([figura B.22](#)).

Após isso, selecione o nó que receberá este apoio na barra e clique na opção circula em vermelho. Assim, o apoio aparecerá na barra conforme a [figura B.23](#), abaixo.

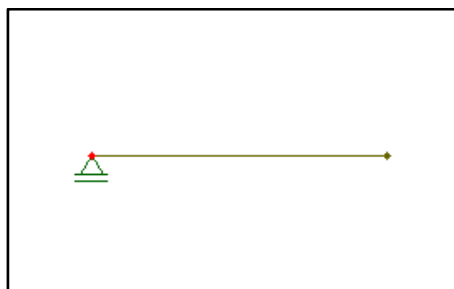
Figura B.22: vínculo de primeiro gênero aplicada na extremidade da barra.



Fonte: Costa (2018)

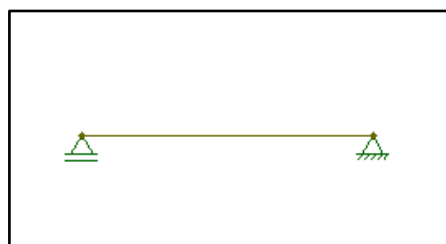
Para o segundo caso, faremos as direções X e Y e deixaremos a rotação livre. Após, selecione o nó e adicione o apoio. conforme ilustrado nas [figura B.23](#) e [B.24](#).

Figura B.23: ilustração da janela de configuração do apoio de segundo gênero.



Fonte: Costa (2018)

Figura B.24: vínculo de segundo gênero aplicado na outra extremidade da barra.



Fonte: Costa (2018)

Na parte superior da tela inicial, há os comandos que aparecem na [figura B.25](#) abaixo, clique na opção circulada em vermelho (nodal force).

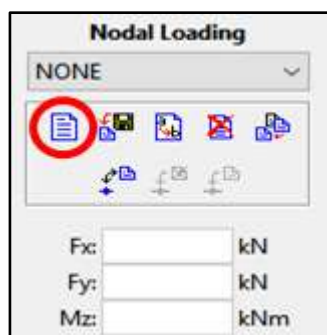
Figura B.25: destaque para a função Nodal Force.



Fonte: Costa (2018)

Ao clicar no botão destacado, aparecerá o menu de esforços nodais ao lado direito da tela inicial. Clique na opção circulada em vermelho ([figura B.26](#)).

Figura B.26: Janela de criação de um novo esforço nodal.

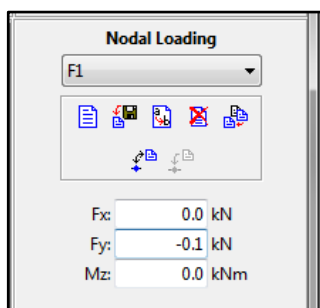


Fonte: Costa (2018)

Aparecerá uma nova janela onde será possível colocar o nome da nova força nodal, digite F1 e aperte Done. Após, retornaremos para a tela inicial de esforços nodais,

onde será possível alterar a intensidade da força na direção pretendida. Digite -0,1 em F_y para indicarmos que queremos uma carga de 0,1 kN na direção y com o sentido para baixo ([figura B.27](#)).

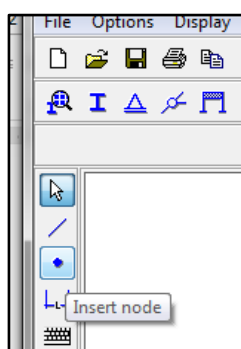
Figura B.27: imagem da janela nodal força com os dados já inseridos.



Fonte: Costa (2018)

Após isso, precisamos criar um nó na barra onde será o local de aplicação de força nodal. No menu edição clique em Insert node (adicionar nó) ([figura B.28](#)) e um cursor aparecerá na tela. Selecione o ponto que está a 0.25m da extremidade esquerda da barra, como na [figura B.30](#) abaixo.

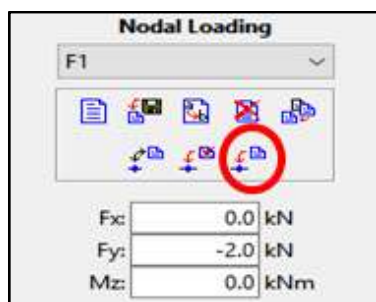
Figura B.28: destaque para a função Insert node.



Fonte: Costa (2018)

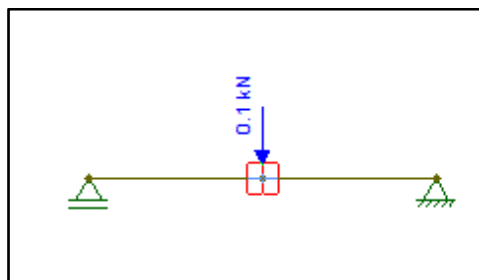
Logo após, selecione esse nó e clique na opção circulado em vermelho na janela de forças nodais para aplicar essa força no nó desejado ([figura B.29](#)).

Figura B.29: destaque ao botão de atribuição de força ao nó criado.



Fonte: Costa (2018)

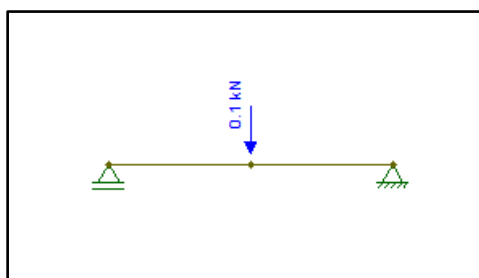
Figura B.30: ilustração da tela com aplicação da força no nó criado.



Fonte: Costa (2018)

A [figura B.31](#) ilustra como ficará nossa estrutura:

Figura B.31: ilustração de como a estrutura ficará na tela do Ftool.



Fonte: Costa (2018)

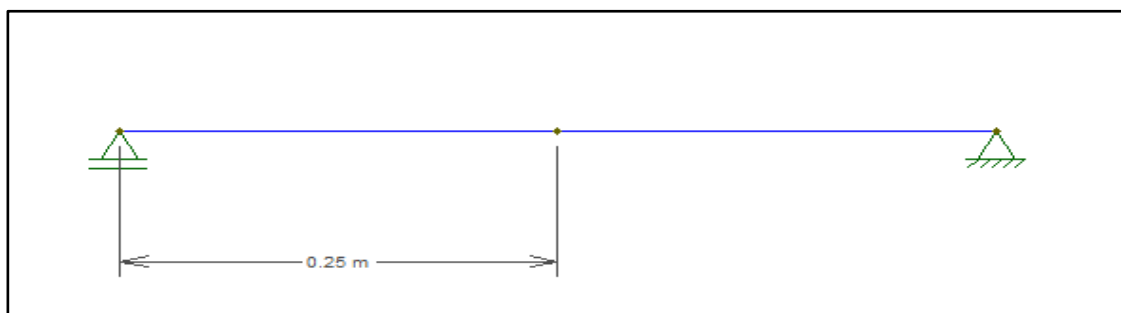
Figura B.35: destaque a ferramenta de análise e apresentação do diagrama de esforços normais.



Fonte: Costa (2018)

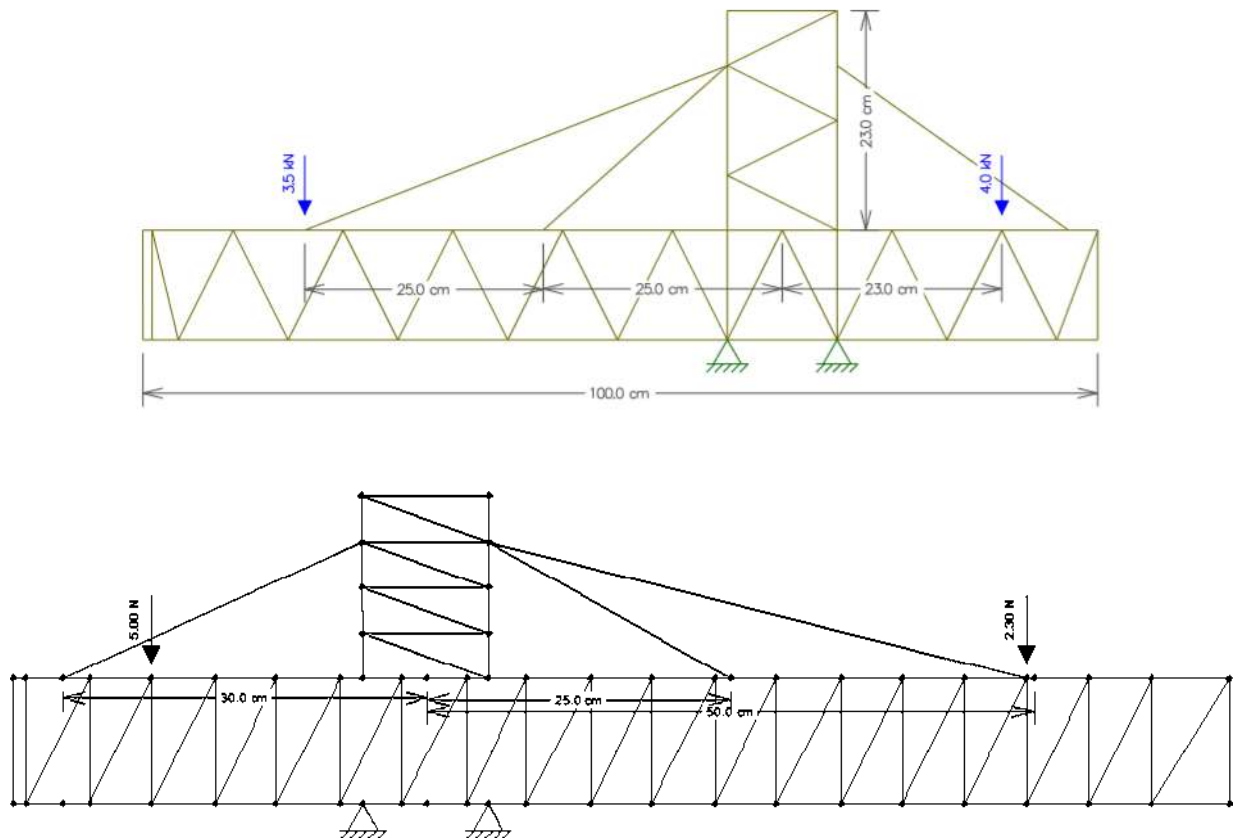
Quando fizermos isso, o Ftool poderá salvar o arquivo do projeto, e após isso será mostrada a seguinte ilustração da ([figura B.36](#)), observe que nada de novo surge no diagrama, esta “não informação” indica que a barra não está sofrendo esforços normais.

Figura B.36: diagrama de esforços normais indicando a ausência deste tipo de esforço.



Fonte: Costa (2018)

Observe agora as configurações dos esforços normais aplicados nos dois modelos da grua apresentado pelos alunos ([figura B.37](#) e [figura B.37](#)).



Fonte: Autor

Anexo C: Planilha de avaliação da sequência.

	O que eu estou fazendo? Qual atividade eu propus?	O que eles deveriam estar fazendo? (resposta desejada)	O que eles estão fazendo? (resposta indesejada)	Coisas melhores para eles fazerem.
CDDC 1	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
CDDC 2	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
CDDC 3	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
CDDC 4	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
Projeto Integrador	Etapa 1			
	Etapa 2			
	Etapa 3			
	Etapa 4			
	Etapa 5			
	Etapa 6			
	Etapa 7			

Fonte: Costa (2018)



Desenvolvendo Competências e Habilidades

Uma proposta metodológica para o Ensino de Física

ROSEVALDO CELESTINO BARROS

Produto educacional aplicado e analisado durante a Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Professor Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues

Belém
Maio de 2020

Sumário

Apresentação	2
Capítulo 1.....	4
Capítulo 2.....	8
Capítulo 3.....	71
Apêndice A: Lâminas de apresentação da SD	87
Anexos.....	100
Anexo A: Conceitos de Propriedades de Materiais importantes para a construção de uma grua de palitos de picolé	100
Anexo B: Pequeno Tutorial Ftool.	106
Anexo C: Planilha de avaliação da sequência.	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

Apresentação

Prezado Professor,

A Física é uma disciplina fundamental no processo de formação para futuros técnicos em edificações. Desta ciência nasce grande parte dos conceitos relacionados à construção civil. Compreender as noções científicas, trazê-las para a realidade e saber aplicá-las são alguns dos objetivos propostos aos nossos estudantes. Entretanto, existe um longo caminho entre a Física dos cientistas e aquela vista no Ensino Médio.

A Física enquanto um corpo de conhecimento estruturado se mantém a mesma, em suas leis e princípios reconhecidos e estabelecidos, ainda que continuamente, incorporando novos conhecimentos e estabelecendo novas descobertas. Assim, podemos mudar as seleções de conteúdos, as escolhas de temas, as ênfases, as formas de trabalhar ou os objetivos formativos propostos para o ensino de Física, levando-se em consideração a realidade de cada escola. (KAWAMURA & HOSOUKE, 2003).

Nossos esforços merecem atenção nas competências e habilidades em Física que se querem promover no futuro profissional de Técnico em Edificações. Além da formação profissional, a modalidade integrada garante concluir que o conhecimento de Física tem também um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: “Trata-se portanto de uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.” (BRASIL, 2002, p. 60).

Vale lembrar que as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado se tratadas de forma isolada. “Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar força somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens.” (BRASIL, 2002, p. 60).

Neste cenário, surge nossa proposta de pesquisa: Quais conceitos no Ensino de Física são centrais para o Técnico em Edificações? A nossa proposta visa a aplicação do que chamamos de **Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades (CDDCH)** e **Projeto Integrador (PI)**. A aplicação planejada das duas modalidades didáticas (CDDCH e PI) busca, em suma, que o aluno se prepare previamente para o encontro em sala

de aula e durante a aula tenha a oportunidade de experimentar, o que Zabala e Arnau (ZABALA e ARNAU, 2015) chamam de esquema de atuação competente. Ou seja, almeja-se que os discentes possam: planejar; construir; analisar um modelo físico e computacional de um protótipo de grua de palito de picolé.

Na introdução, apresentamos uma breve consideração a respeito do que seja um Projeto Integrador, assim como, suas etapas, principais norteadores, vantagens e resultados obtidos.

Na segunda seção, intitulada Projeto Integrador para o Desenvolvimento de Competências e Habilidades, descrevemos detalhadamente as macro etapas de nosso projeto explicando os seus motivos, formatos e intencionalidades didáticas, bem como propomos ferramentas que possam auxiliar o professor nas atividades. Na terceira seção, denominada Projeto Integrador para Técnicos em Edificações, apresentamos um exemplo desenvolvido e aplicado de acordo com o proposto no capítulo anterior com o detalhamento de todas as atividades que foram aplicadas. Na seção de apêndices e anexos, apresentamos uma série de textos que podem auxiliar de maneira valiosa o trabalho docente. São eles: Apêndice B - Lâminas da apresentação utilizada na Sequência Didática. Anexos: A - Conceitos de Propriedades de Materiais importantes para a construção de uma grua de palitos de picolé; B - Pequeno Tutorial Ftool; C - Planilha de avaliação da sequência;

Lembramos que este trabalho, desenvolvido como parte de uma dissertação de mestrado do Programa de Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF), é uma primeira versão e que, certamente, contém imperfeições que escaparam ao nosso olhar. Sendo assim, contamos com a contribuição do leitor, o qual poderá enviar sugestões ao seguinte endereço eletrônico: rosevaldo.barros@ifpa.edu.br.

Nosso desejo é que este material possa contribuir para uma ação pedagógica que permita a professores e alunos uma experiência de desenvolvimento de competências no âmbito da educação profissional.

Bom Trabalho!

Capítulo 1

Projeto Integrador¹

A palavra projeto é rotineiramente utilizada em diversos âmbitos da atuação humana. A ela estão associadas as mais diversas definições, tais como intenção, sonho, proposta para resolução de problemas, atividade organizada, entre outras.

A ideia de projeto voltado ao ensino tem sido muito difundida entre professores e educadores de nosso país. No entanto, erros de interpretação de seus fundamentos têm levado à banalização do termo e, algumas vezes, a equívoco sobre sua concepção e execução. Contudo, um trabalho bem organizado por meio de projetos aparece como uma importante alternativa ao contexto, geralmente pouco dinâmico, da sala de aula.

Uma modalidade de projeto que costuma ser bastante valorizada em termos didáticos é aquela que se desenvolve em torno de uma situação-problema. Nesse tipo de projeto, o aluno é inserido em um contexto que exige dele a integração de um conjunto amplo de conhecimentos que serão usados para se obter a solução de um problema complexo. Mas para que um projeto nesses moldes se desenvolva e traga os resultados de aprendizagem desejados, algumas etapas devem ser observadas ao longo de sua execução.

Uma outra modalidade de projeto que costuma também ser bastante valorizada em termos didáticos é a de projetos integradores (interdisciplinares), que é um nível mais avançado de realização de projetos. Acontece quando integram mais de uma disciplina, professores e áreas de conhecimento. A iniciativa pode partir da atitude de professores ou fazer parte do projeto pedagógico da instituição. São projetos que articulam vários pontos de vista, saberes e áreas do conhecimento, trazendo questões complexas do dia a dia, que fazem os alunos perceberem que o conhecimento segmentado (disciplinar) é composto de olhares pontuais para conseguir encontrar significados mais amplos. Assim, os problemas e projetos interdisciplinares ajudam os alunos a perceber as conexões entre as disciplinas. Podem ser realizados utilizando todas as técnicas (dentro e fora da sala de aula, em vários espaços, onde o digital pode ser muito importante, assim como o desenvolvimento de jogos, histórias ou produtos).

¹ Esta subseção do trabalho utilizou-se do material de autoria do livro Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações. Manual do Professor (2017). Destaca-se que esse material de referência foi usado para embasar as subseções posteriores.

Projetos interdisciplinares importantes hoje são os que estão próximos da vida e do entorno dos estudantes, que partem de necessidades concretas e expressam uma dimensão importante da aprendizagem atual, que é a aprendizagem-serviço: estudantes e professores, em contato com diferentes grupos e problemas reais, aprendendo com eles e contribuindo com soluções concretas para a comunidade. Na aprendizagem-serviço, os estudantes não só conhecem a realidade, mas simultaneamente contribuem para melhorá-la, e isso dá um sentido muito mais profundo ao aprender: aprender não só para si, mas para melhorar a vida dos demais. A combinação de projetos interdisciplinares com o conceito de aprendizagem-serviço, com o apoio de recursos digitais, é um caminho fantástico para engajar os estudantes no conhecimento, na vivência e na mudança de um mundo complexo e em rápida transformação.

Uma outra dimensão dos projetos está voltada para que cada estudante trabalhe o autoconhecimento, desenvolva um projeto de futuro (possibilidades a curto e médio prazo) e construa uma vida com significado (valores e competências amplas). É o projeto de vida, que organizações mais atentas incluem no currículo como um eixo transversal importante, com alguns momentos fortes ao longo do curso e alguma forma de mentoria ou orientação pessoal aos estudantes. (BACICH, 2017 p. 19)

Etapas de um projeto

Seguem abaixo as etapas que devem estar presentes durante a execução de um projeto centrado em uma situação-problema e destinada ao Ensino Médio. Segundo o manual do professor (Física Contexto e Aplicações) de Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga e Carla Guimarães², podemos enumerar as etapas do projeto:

- Levantamento do repertório dos estudantes e de possíveis propostas para a situação-problema;
- Definição de uma situação-problema relacionada à realidade dos alunos;
- Definição das etapas do projeto;
- Formação das equipes de trabalho e definição do cronograma;

² Importante salientar que as etapas do projeto estão alinhadas com os termos da ABP propostos por Bender (2014).

- Investigação dos saberes que deverão ser apropriados para se chegar à solução do problema proposto;
- Execução das atividades e resolução do problema;
- Apresentação do trabalho final do projeto.

Princípios norteadores de um projeto

Além dos momentos listados acima, o trabalho por projeto deve ser guiado por princípios que garantam o cumprimento das expectativas de aprendizagem estabelecidas. A seguir destacamos esses princípios e suas respectivas didáticas.

- A situação-problema deve pertencer à realidade do aluno, tem que lhe ser familiar, para que ele perceba mais facilmente as relações lógicas que serão estabelecidas e encontre sentido naquilo que terá que estudar.
- Para que uma proposta de trabalho se constitua de fato em um projeto, o desenvolvimento das atividades em sala de aula deve permitir a participação da turma durante a tomada de decisões. Compartilhar escolhas e decidir em conjunto são atitudes que favorecem o surgimento de uma atmosfera propícia à cumplicidade e à cooperação, características essenciais para um bom trabalho em equipe.
- A finalidade do projeto é a aprendizagem significativa de conteúdos relacionados ao problema e, portanto, a passagem para a próxima etapa deve ser feita apenas quando toda a equipe já atingiu a compreensão real dos conceitos abordados na etapa atual.
- O sequenciamento da pesquisa por informações e do estudo dos conteúdos devem facilitar a memorização compreensiva dos conceitos.
- Deve haver um monitoramento constante do andamento do projeto, não apenas do cumprimento do cronograma, mas também da aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos em cada etapa.

Possíveis Vantagens

Os projetos que envolvem situações-problema, geralmente, representam um desafio que mobiliza os estudantes em busca de soluções. Esse tipo de proposta modifica a organização da prática pedagógica, pois altera a relação tradicional entre professor e aluno, fazendo emergir um novo caminho para a construção do conhecimento.

Nesse caso, o engajamento dos estudantes, que muitas vezes não é percebido nas aulas tradicionais, se torna evidente na busca por informações, na proposta de soluções e no esforço para a produção de um trabalho bem feito. Como resultado, o aluno se apropria de um conhecimento mais significativo, construído a partir da vivência e da coparticipação, uma vez que tanto professor como estudantes se tornam sujeitos ativos na elaboração das atividades.

Finalmente, o trabalho com projetos traz a possibilidade da interdisciplinaridade. Por estar centrado na busca de soluções de problemas complexos, o trabalho por projetos, com frequência, requer o diálogo entre diversas áreas do conhecimento. Essa necessidade, ao proporcionar conexões com conteúdos de outras disciplinas, aproxima assuntos que pareciam, inicialmente isolados, favorecendo uma visão integrada e abrangente da natureza.

Na próxima seção faremos a proposição de um projeto integrador estrategicamente elaborado para o desenvolvimento de competências e habilidades.

Capítulo 2

Projeto Integrador para o Desenvolvimento de Competências e Habilidades

*Neste capítulo, será apresentado ao professor um projeto integrador desenvolvido em duas etapas distintas (**Aplicação de uma Sequência Didática e construção de protótipos de Gruas feitas em palitos de picolé**). Logo em seguida, será apresentado o design instrucional do mesmo, descrito e amparado pelos marcos teóricos utilizados. Também serão descritas, detalhadamente, as etapas da proposta.*

Primeiro momento: A Sequência Didática Interdisciplinar

A “interdisciplinaridade curricular” ocorre somente no campo da prática dos sujeitos como atos de aprendizagem e de apropriação mediada do mundo por meio de um plano de organização curricular, construindo formas integradoras de tratamento da cultura e do conhecimento, seja pela busca de alternativas didáticas, pela integração de conteúdos, ou pela estruturação de interfaces entre disciplinas na matriz curricular (THIESEN, 2013 p. 6).

Esta interface curricular voltada à interdisciplinaridade proporciona situações de aprendizagem positivas, ao aluno fazendo uma conexão entre vários ramos do conhecimento. Para Küller e Rodrigo (2012, p.6), as ocasiões de aprendizagem são as ações dos discentes, quando dirigidas pelo docente sendo dedicadas à absorção de uma ou várias competências antecipadas pelo plano de trabalho docente ou pelo plano de curso. Deste modo, as ocasiões de aprendizagem devem ser referenciadas e exigir a prática das competências. Sobre a formação curricular e sua interdisciplinaridade, Thiesen (2013, p. 6,) defende que:

[...] consideramos ser possível a adoção de formas integradoras de tratamento ao currículo disciplinar, seja pela integração dos conteúdos de conhecimento, pelas inter-relações nas diferentes disciplinas, pela projeção e adoção de metodologias dirigidas à integração ou ainda pela adoção de uma concepção de universalidade do conhecimento. O que não significa dizer que essas alternativas representem “interdisciplinaridade curricular”, já que o currículo, desde uma perspectiva epistemológica até sua materialização na forma escolar, vem legitimando formas cindidas de produção, organização e disseminação do conhecimento.

Tendo em vista esse arcabouço teórico, propomos e aplicamos uma Sequência Didática (SD) inicial, dado um contexto interdisciplinar, entre as disciplinas de Física e de Estabilidade das Construções. Disciplinas estas pertencentes ao PPC do Curso Técnico em Edificações, do IFPA Campus Bragança. Ambas possuem assuntos semelhantes, que permitem abordagens conjugadas de maneira a construir os pilares do Projeto Integrador para desenvolvimento de habilidades e competências em uma turma de Ensino Médio Técnico Integrado.

Um ponto riquíssimo a dar ênfase foi a oportunidade que os alunos tiveram ao serem orientados por duas óticas voltadas à mesma finalidade e propósito, ou seja, estudar e identificar as aplicações da estática relacionados ao dia a dia da construção civil.

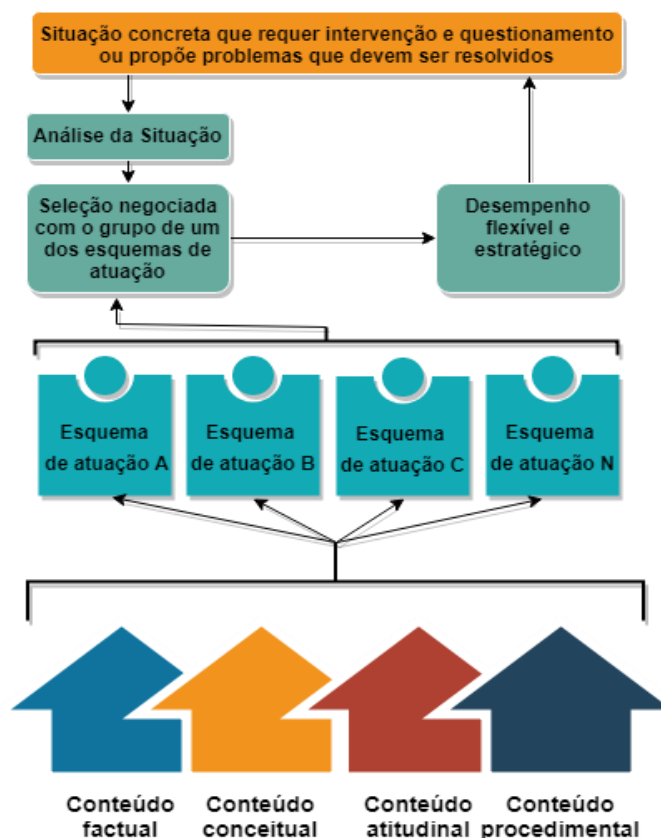
As atividades propostas na SD intencionam provocar no aluno a mobilização do que foi denominado por Zabala e Arnau (2010) de esquemas de atuação competente (figura 1).

Entre as atividades propostas, destacam-se aquelas por nós denominadas como **Atividades Mão na Massa**, que se constitui por um conjunto de ferramentas que permitem a obtenção de resultados quantitativos e palpáveis. Experiências como a participação em práticas experimentais estimulam o uso da linguagem matemática associada a uma situação real e incentiva o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades cognitivas e atitudinais, que são fundamentais no processo de aquisição do conhecimento em geral.

Tais procedimentos são abordados nesta SD em consonância com as propostas didáticas que ficaram consagradas com o nome de Sala de Aula Invertida e também conjugada com a metodologia denominada ensino sob medida (BERGMAN, 2015; NOVAK, 1999).

A SD proposta fornece ainda ao aluno a oportunidade de sair do contexto tradicionalmente previsto em livros textos, tendo em vista a oportunidade de ser aprendiz, quando se depara com a necessidade de projetar, construir e interagir com um modelo físico e matemático-computacional conforme será mostrado mais adiante.

Figura 1. Esquema de atuação competente proposto por Zabala e Arnau (2010)



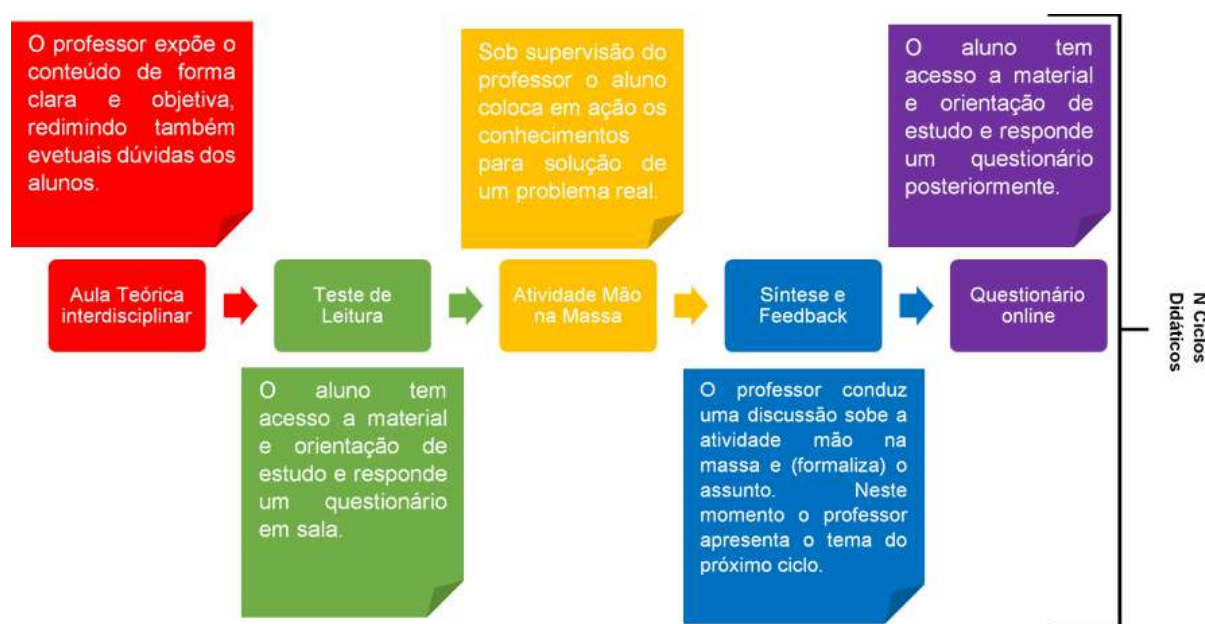
Fonte: Zabala e Arnau *Apud* Costa (2018)

Ciclo Didático proposto para a SD

A Sequência Didática é composta por Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades (CDDCH) conforme está esquematizado na figura 2. Os CDDCH pretendem encadear as atividades garantindo maior dinamicidade e fluxo ao corpo maior da SD. Além dos CDDCH há ainda o Projeto Integrador (PI), o qual será detalhado mais adiante.

Os Ciclos têm 5 etapas distintas, alinhadas e complementares que serão sucintamente apresentadas nos itens abaixo. Tal estrutura tem origem em outro trabalho do mesmo grupo de pesquisa (COSTA 2018), no qual o autor traçou a espinha dorsal que aponta uma sequência que deu frutos no que tange o desenvolvimento de Competências e Habilidades. Iniciamos agora a descrição das etapas que compõem os CDDCH.

Figura 2. Representação dos Ciclos Didáticos de Desenvolvimento de Competências e Habilidades – CDDCH



Fonte: Autor

Aula teórica e contextualizada sobre conteúdos de Leis Newton e Estática

Exposição dos conteúdos de forma cuidadosamente elaborada, com temas correlatos que foram pontuados de forma sequencial e progressiva especialmente para despertar o primeiro e segundo nível de domínio cognitivo (**Lembrar e Entender**) proposto pela Taxonomia de Bloom (FERRAZ, 2010). Importante ressaltar a inserção da História da Ciência, nas aulas por meio da história dos cientistas ou da evolução dos conceitos da Física.

Teste de Leitura (TL)

O autor expõe uma sequência de Testes de Leitura selecionados especialmente para despertar o segundo nível de domínio cognitivo (**Entender**) proposto pela Taxonomia de Bloom³ (FERRAZ, 2010).

A Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo é estruturada em níveis crescentes de domínio de complexidade cognitiva – do mais simples ao mais complexo – e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao

³ Benjamin Bloom e seus colegas criaram uma divisão de objetivos educacionais em três partes: cognitiva, afetiva e psicomotora.

próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior⁴. É válido ressaltar, entretanto que, embora seja uma conjectura plausível, não é imperativo que o domínio dos níveis cognitivos de Bloom segundo se dê em acordo com tal linearidade em sentido estrito. (COSTA, 2018)

Os TLs propostos, foram selecionados cuidadosamente de livros didáticos do acervo pessoal do autor e fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018, do Governo Federal para o Ensino Médio. As obras abrangem os temas centrais da Física clássica e da Física contemporânea, além de suas relações com o desenvolvimento tecnológico e outras áreas do conhecimento. São eles:

- **Pensando as ciências**, destinada a abordar a Física em outras áreas, como tecnologia, Fisiologia, etc.
- **Outras palavras**, destinada a ter a oportunidade de verificar como o assunto que está sendo estudado é tratado por outros pensadores, em outros contextos e mídias.
- **Integrando** que tem por objetivo proporcionar uma visão mais abrangente de um assunto estudado. Para tanto, relaciona conceitos comuns à Física e outras áreas do conhecimento como Matemática, Química e Biologia. Além disso, propõe questões e pesquisas relacionadas ao texto.

Segundo Costa (1987), os assuntos escolares devem ser tratados de forma significativa, traduzindo-se por isso na obrigação de serem relacionados ao que o indivíduo já conhece. O significado é desta forma, algo pessoal assim como a ideia de construtivismo, só alcançado através de esforço ativo de integração de novo conceito material às referências únicas individuais.

[...] construtivismo significa isto: a ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do Indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio [...] (BECKER, 1992, p. 88)

⁴ Ver os níveis de domínio cognitivo propostos por Bloom na figura 3.5, página 32, expressos em ações - verbos - numerados em formato de escada, a partir do nível 1 até o 6, em ordem crescente de complexidade cognitiva.

Isto significa que novas ideias são introduzidas aos termos do aluno em relação à sua experiência pessoal e ao sistema de ideias. Este princípio também é compartilhado por Freire (1996): o educador somente terá êxito no processo de ensino aprendizagem quando este percebe que a educação ocorre através de um vínculo relacional professor aluno que envolva motivação.

Atividade mão na massa (MM)

Objetivos educacionais, a forma tradicional de ensino não se mostram suficientes para suprir as reais necessidades e desafios impostos aos alunos e professores. Para suprir tal necessidade propomos uma atividade de sala de aula planejada para ativar o terceiro nível de domínio cognitivo proposto por Bloom (**Aplicar**) (FERRAZ, 2010). Nas atividades MM, os alunos são expostos ao “fazer” uma atividade experimental retirada dos manuais de experimentais da Empresa AZEHEB laboratórios de Física, as quais, retratam a vida real ou a prática profissional. O mais importante é que tais situações propiciam intervenções e questionamentos por parte do estudante. Além disso, nesse formato de atividade é planejada a mobilização de conteúdos (factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais) com vistas ao desenvolvimento e à escolha de esquemas de atuação para análise e à solução de situação-desafio proposta pelo professor (ZABALA e ARNAU, 2010).

Síntese e feedback dialogado do ciclo e prévia do próximo

Ação devidamente planejada para a estimular o quarto e o quinto nível de domínio cognitivo proposto por Bloom⁵ (**Analisar e Sintetizar**) (FERRAZ, 2010). Nessa etapa, o aluno reúne ideias para criar algo novo de modo a expor de maneira dialogada as soluções questões propostas na etapa anterior (atividade mão na massa). Também nessa mesma etapa o aluno tem acesso à solução proposta pelo professor, de forma a poder comparar os resultados entre o que foi por ele desenvolvido e aquilo que era esperado como esquema de solução competente. O professor também conduz os educandos a um diálogo que antecipa conceitos para o próximo ciclo a ser trabalhado.

⁵ Não confundir níveis de domínio cognitivo de Bloom com os níveis de domínio de competência de Tobón.

Questionário Online com questões motivadoras, desafiadoras, instigantes e de cunho individual

Nessa seção o autor propôs uma seleção de atividades propostas, escolhidas cuidadosamente para verificar como a física funciona, para ampliar seus conhecimentos e relacioná-los com assuntos mais atuais. Tais atividades eram enviadas via smartfone para os alunos como atividade complementar, para um grupo de WhatsApp Pedagógico criado especificamente para tal finalidade. Nessa etapa chama-se a atenção também para questões sobre os temas tratados, por intermédio de aspectos conceituais.

Avaliação do Ciclo Didático (CDDCH)

A proposta de avaliação do aluno no CDDCH é feita como um processo contínuo que leva em consideração todas as etapas do ciclo. Desta forma o aluno é avaliado integralmente, de maneira processual, com foco nos objetivos de aprendizagem e nas habilidades e competências almejadas para serem desenvolvidas ao longo da SD e de todo o PI.

Mais especificamente, o processo avaliativo em todos os Ciclos Didáticos (CDs) se dá em quatro momentos.

- Aulas teóricas com bastante entusiasmo e dinamismo, abordando não só o conteúdo do dia, mas diversas aplicações práticas e tecnológicas do dia a dia. Suas estruturas eram feitas com a finalidade de construir uma representação realista das aprendizagens;
- Na etapa de estudo autônomo que ocorre durante o TL, o desempenho do aluno é analisado automaticamente, aferindo diretamente o quanto ele estudou o conteúdo proposto e conseguiu lembrar deste ao responder às questões propostas;
- No questionário online o aluno demonstra seu desempenho ao interpretar questões dos mais variados estilos. Sua avaliação tem por objetivo a correção dos erros, mas sem deixar de levar em conta o dizem representações dos alunos, para servir-se delas como pontos de entrada em seu sistema de pensamento (Astolfi, 1997).;

- Na atividade MM avalia-se o quanto o aluno, em conjunto com seu grupo, se aproximou de responder adequadamente ao desafio proposto;

Para cada critério e evidência, os indicadores são formulados em termos de níveis de domínio de competência proposto por Tobón (2010 p. 136), a fim de detalhar claramente os níveis de desempenho dos alunos quando executam as atividades (ver quadro 1).

Quadro 1: Níveis de indicadores observáveis da atuação do aluno.

Indicadores observáveis da atuação competente	
Nível	Características (observáveis da atuação discente)
Nível 1 Insuficiente	Não apresenta noções básicas sobre o conteúdo portanto, não apresenta indícios da atuação competente.
Nível 2 Inicial	Tem noções básicas sobre o assunto e algumas abordagens ao critério considerado. Requer suporte contínuo para poder apresentar indícios de atuação competente.
Nível 3 Básico	Tem alguns conceitos essenciais da competência trabalhada e pode resolver problemas simples.
Nível 4 Autônomo	Conhece seu processo formativo, tem critérios e consegue discutir os processos e resultados.
Nível 5 Inovador	Consegue fazer a análise das situações enfrentadas de maneira rápida. Apresenta criatividade e inovação.

Fonte: Costa (2018)

Explicitando os Ciclos Didáticos da SD

Cada um dos ciclos didáticos da SD possui a mesma estrutura de etapas com o mesmo sequenciamento. Isso se faz relevante destacar para evitar redundâncias desnecessárias na descrição da aplicação. Abaixo explicitamos 3 elementos dos ciclos aplicados, de modo que o leitor tenha uma ideia da estrutura aplicada na SD (**Teste de Leitura TL, Atividade Mão na Massa e Questionário Online**).

Primeiro Ciclo: Os Princípios Fundamentais da Dinâmica

Conforme já destacado, a primeira etapa de cada ciclo é sempre composta pelo teste de leitura, que os alunos recebiam logo após a explanação do conteúdo⁶. Com uma semana de antecedência em seu aplicativo de celular era enviado a indicação do material referente ao questionário online, como também orientações necessárias às atividades.

O que se almeja com o Ciclo 1?

Conceituar ponto material isolado. Enunciar a primeira Lei de Newton, compreender as causas da mudança de um movimento, entender o conceito de inércia. Apresentar o conceito, enunciar a segunda Lei de Newton, relacionar força, massa e aceleração de um corpo, identificar o peso como uma força, classificar as forças, diferenciar massa inercial de massa gravitacional, enunciar a terceira Lei de Newton, identificar os pares de ação e reação nos exemplos cotidianos dinâmicos de força.

Competência Específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências

⁶ As lâminas das aulas teóricas serão exibidas no Anexo B.

da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Teste de Leitura Ciclo 1 (TLC1)

Ausência de peso aparente⁷

Vemos constantemente imagens de astronautas flutuando no interior do ônibus espacial ou da Estação Espacial Internacional e falamos deles como se não tivessem peso. Na verdade, a força da gravidade na altitude em que se encontra o ônibus espacial não é muito menor que na superfície da Terra e, portanto, o peso dos astronautas é quase igual ao peso na superfície da Terra o que os faz flutuar é o fato de que também estão em órbita.

A única força que age sobre uma nave em órbita é a gravidade terrestre. Isto significa que a nave está sendo continuamente atraída para o centro da Terra; podemos dizer que está caindo o tempo todo e só não se choca com a superfície porque possui uma alta velocidade tangencial. Acontece que o mesmo se aplica a todos os corpos que se encontram no interior da nave. Se um astronauta sobe em uma balança, por exemplo, a balança está caindo com a mesma velocidade que ele, e, portanto, registra um peso igual a zero, logo, a ausência de peso é apenas aparente.

Fonte: TREFIL, James, Robert M. Física viva. V. 1.: uma introdução á física conceitual. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, v.1, p. 110.

Agora responda

1. Ao subirmos em uma balança, aplicamos nela uma força vertical, de cima para baixo e de intensidade igual a força com que a gravidade da Terra nos puxa para seu centro. Por sua vez, o que faz a balança? (Explique de acordo com a 3ª Lei de Newton).

Feedback para o aluno: A balança reage com uma força de igual intensidade, na

⁷ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro TREFIL, James, Robert M. Física viva. V. 1.: uma introdução á física conceitual. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, v.1, p. 110.

mesma direção e no sentido oposto. Portanto, a leitura que fazemos na balança corresponde ao equivalente em massa da força de reação da balança.

2. Um astronauta em órbita vivencia apenas uma das maneiras de verificar o peso aparente. Há outras situações que permitem essa mesma sensação. Imagine que você está em um elevador parado, você faz uma primeira leitura. Ao apertar o botão para 20º andar, você percebe que na subida a leitura da balança é outra. Qual é a sua hipótese: o valor registrado é maior ou menor que o inicial? Justifique.

Feedback para o aluno: Ao subir, o número mostrado pela balança será maior, uma vez que há uma força resultante para cima. O piso, exercendo essa força sobre seus pés, faz que eles reajam com uma força vertical para baixo, tornando-se maior que a intensidade da força peso da situação inicial.

3. Agora pense na situação oposta: após parar no 20º andar, você percebe que a leitura da balança é a mesma que no térreo. Durante a descida, o que acontecerá com o número registrado na balança? Justifique.

Feedback para o aluno: Ao descer, o número marcado pela banca será menor, uma vez que há uma força resultante para baixo. Nessa situação a força com que pressionamos a balança é reduzida na intensidade da força resultante pelo elevador na descida.

Mão na massa do Ciclo 1 (Inércia) (MMC1)

Materiais:

Copos plásticos, folhas de papel sulfite e moedas.

Alunos

Figura 3. Ilustração do experimento Mão na Massa Ciclo 1



Fonte: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Como mover o papel debaixo da moeda da [figura 1.1](#), sem tocar nela, fazendo com que esta permaneça no mesmo lugar? Sua resposta é válida para qualquer velocidade?

Descreva utilizando os termos da física em que objetos você observou mudança no estado de movimento? Faça suas considerações.

Perguntas instigantes

Quando você puxa o papel lentamente, por quê os objetos se movem com ele?

O atrito é o mesmo se você puxar rapidamente?

Se utilizássemos uma bolinha de Poliestireno (Isopor) ou uma de aço, o fenômeno observado seria o mesmo? Com a mesma intensidade? Por quê?

Questionário online

Questão 1: Enuncie a lei física à qual o herói da “tirinha” se refere.

Figura 4 Ilustração do Princípio da Inércia



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno:

Princípio da inércia (primeira lei de Newton): um corpo livre da ação de forças tende a manter constante sua velocidade vetorial.

Questão 2: Um ponto material está em repouso em relação a um referencial inercial. É necessária a aplicação de uma força para tirá-lo do estado de repouso?

Feedback para o aluno:

Sim. A força aplicada ao ponto é a causa da variação de sua velocidade.

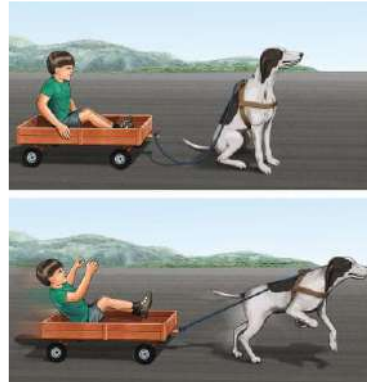
Questão 3: É necessária a aplicação de uma força para manter um ponto material em movimento retilíneo uniforme?

Feedback para o aluno:

Não. A força, quando não equilibrada, produz no ponto material variação de velocidade.

Questão 4: Observe as cenas abaixo. Comente o que ocorreu com o menino utilizando o conceito de inércia.

Figura 5. Ilustração do Princípio da Inércia



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno:

Quando o cão entra em movimento, o menino, em repouso em relação ao solo, tende por inércia a permanecer em repouso. Note que em relação ao carrinho o menino é atirado para trás.

Questão 5: (motivadora)

Já tiveram que empurrar um carro avariado? Certamente já se interrogaram porque motivo têm que fazer imensa força nos primeiros momentos, mas mal o carro começa a andar a tarefa fica bastante mais fácil?

Por quê será que pôr o carro em movimento custa tanto? O peso do carro é o mesmo, quer esteja parado ou em movimento, e ninguém está a fazer força no sentido

contrário.... Logo, o que o faz parecer "mais pesado" naquele momento inicial?

O Princípio da Inércia, ou Primeira Lei de Newton, diz que "um objeto tende sempre a manter o seu estado de movimento, este podendo também ser o de repouso, se não houver a ação de forças externas". Como fazer um experimento físico que demonstre isso?

Feedback para o aluno:

No caso de um automóvel parado que queiram empurrar, é a resistência que irão sentir para o colocar em movimento. E da mesma forma, é a inércia que faz com que os automóveis necessitem de travões; pois quando estão em movimento, mesmo que deixem de pisar o acelerador, o automóvel terá o desejo de continuar em frente à mesma velocidade (embora desacelerando devido às forças de atrito, como a

resistência do ar, do rolamento dos pneus, etc.)

Questão 6: (Desafio)

Figura 6. Ilustração do experimento Mão na Massa Ciclo 1



Fonte: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo⁸

Como mover o papel debaixo da moeda da [figura 1.3](#) sem tocar nela, fazendo com que esta permaneça no mesmo lugar? Sua resposta é válida para qualquer velocidade?

Descreva utilizando os termos da física em que objetos você observou mudança no estado de movimento? Faça suas considerações.

Feedback para o aluno:

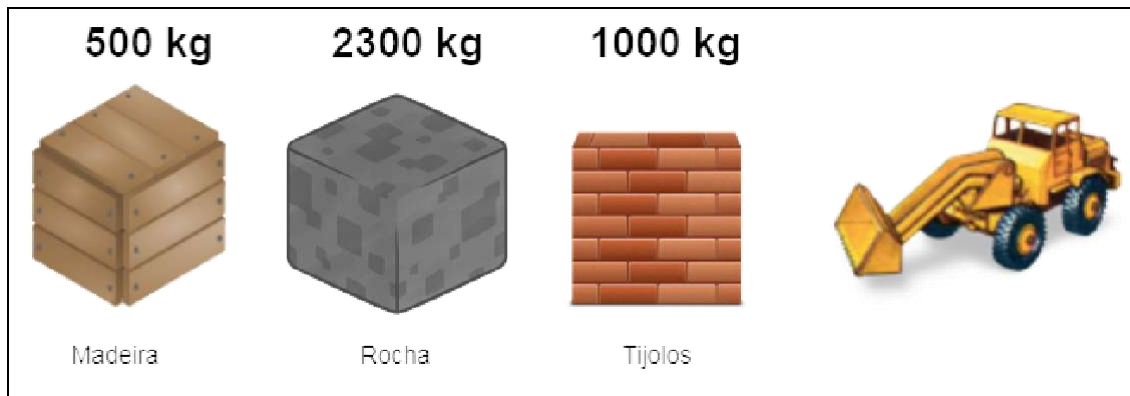
É necessário que uma força $\vec{F}$ tenha uma intensidade mínima para que a moeda escorregue sobre o cartão.

Questão 7: (Força e a Primeira Lei de Newton) Perguntas instigantes

Materiais de construção diferentes A B e C repousam sobre o piso do canteiro de obra e devem ser deslocados por unidades escavo-empurradoras ([figura 7](#)). Ordene em ordem decrescente quanto ao valor da resistência que eles oferecem ao movimento. Explique seu ordenamento em termos físicos.

⁸ PUC-SP Leis de Newton, disponível na internet no site <
<http://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/fernandacardoso/Leis%20de%20Newton.htm>> em 09 de agosto de 2018

Figura 7. Figura ilustrativa da questão.

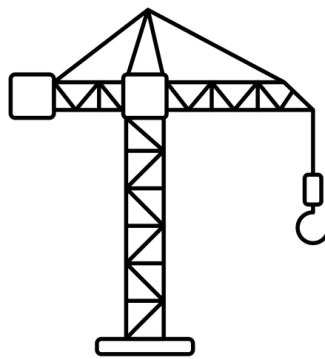


Fonte: Costa (2018)

Feedback para o aluno: *Maior massa equivale a maior inércia*

Questão 8: Uma grua (como na [figura 8](#)) é responsável por elevar cargas em uma caçamba de até 300 kg em um canteiro de obras. Inicialmente a caçamba sobe com uma aceleração de $0,4 \text{ m/s}^2$. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Qual a tração, em Newtons, o cabo deve suportar?

Figura 8. Ilustração de uma grua ou elevador de obra para a questão.



Fonte: Costa (2018)

Feedback para o aluno:

Deve-se calcular a força resultante no cabo. Duas forças externas atuam no elevador: o peso (com intensidade de $300 * 10 = 3000 \text{ N}$) e a tração no cabo (vertical e para cima). Como a aceleração é vertical e para cima, podemos concluir que a força resultante também é. Assim, a intensidade da força de tração no cabo é maior que a força peso. Pelo princípio fundamental da dinâmica temos:

$$F_{res} = m * a \Rightarrow T - 3000 = 300 * 0,4 \Rightarrow T - 3000 = 120 \Rightarrow T = 3120 \text{ N}$$

Questão 9: A figura 9, mostra um caminhão **A** “Bitrem” puxando um comboio com dois vagões **B** e **C**, no instante em que a aceleração tem módulo igual $a = 0,2 \text{ m/s}^2$, direção horizontal e sentido da direita para esquerda. O caminhão **A** tem massa $m_c = 5 * 10^3 \text{ kg}$ e cada vagão tem massa $m_v = 8 * 10^3 \text{ kg}$.

Figura 9. Representação de um caminhão com dois vagões.



Fonte: Costa (2018)

a) Indique a direção e o sentido da força resultante sobre o conjunto e calcule o seu módulo.

Feedback para o aluno:

Pelo princípio fundamental da dinâmica temos:

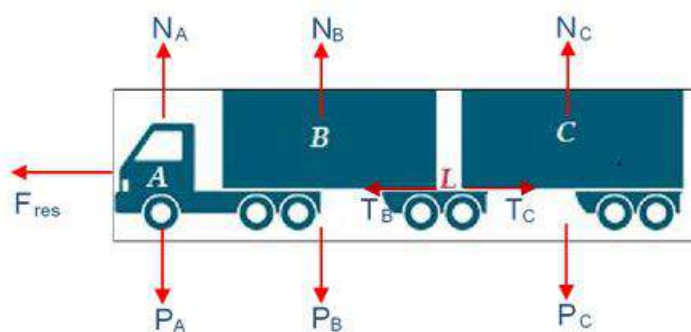
$$F_{res} = m * a \Rightarrow F_{res} = [5 * 10^3 + 2 * (8 * 10^3)] * 0,2 \Rightarrow F_{res} = 4200 \text{ N}$$

Direção horizontal, sentido da direita para a esquerda.

b) Faça a representação das forças atuantes em A, B e C.

Feedback para o aluno:

Figura 9 (a): representação de um caminhão com dois vagões, com forças aplicadas



Fonte: Costa (2018) - Adaptado

c) Para as condições postas na questão. Qual a resistência mínima recomendada para o elemento de ligação L?

Feedback para o aluno:

Pelo princípio fundamental da dinâmica temos:

$$F_{res} = m * a \Rightarrow T_C = m_C * a \Rightarrow T_C = 8 * 10^3 * 0,2 \Rightarrow T_C = 1600 \text{ N}$$

d) O que acontece com o conjunto **AB** se o vagão **C** for liberado durante o movimento? (Considere desprezível a massa do elemento **L**)

Feedback para o aluno:

Considerando o princípio fundamental da dinâmica temos, temos que a massa do conjunto irá diminuir, conseqüentemente a força resultante também, considerando a mesma aceleração. Para todas as respostas destaque: Que conceitos ou equações você precisa para responder e quais os passos necessários para responder.

Questão 10: Na figura abaixo, temos uma maçã sobre uma mesa.

Figura 10 maçã apoiada sobre a mesa.



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

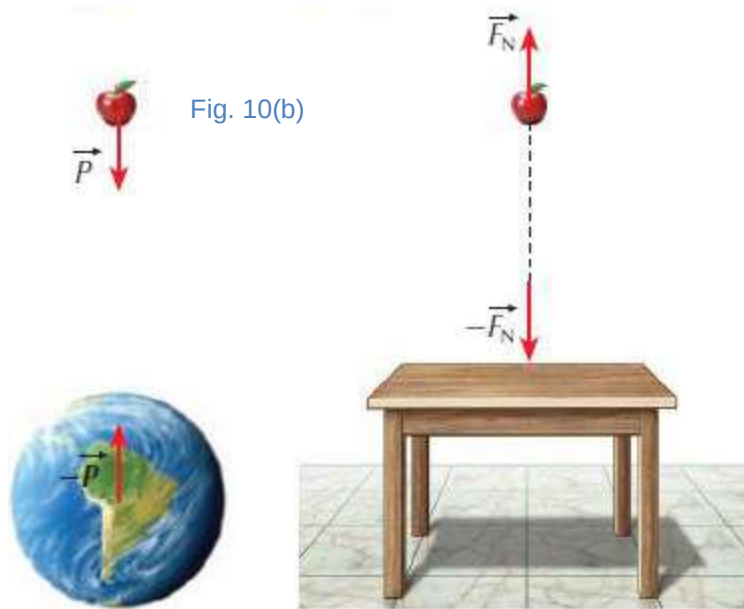
- Represente todas as forças que agem sobre a maçã.
- Onde estão aplicadas as correspondentes reações?

Feedback para o aluno: a) Sobre a maçã agem o peso $\vec{P}$ e a força normal $\vec{F}_N$.
Fig. 10(a)

b) A reação do peso $\vec{P}$ da maçã é a força $-\vec{P}$ aplicada no centro da Terra. A reação da força normal $\vec{F}_N$ é a força $-\vec{F}_N$ aplicada na mesa:
Fig. 10(b)



Fig. 10(a)



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 1

Rubrica de avaliação do Ciclo 1: Os Princípios Fundamentais da Dinâmica					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos dos Princípios Fundamentais da Dinâmica.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as Leis de Newton na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				

O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) - Adaptado

Ciclo 2 Ciclo 2 Equilíbrio de um ponto Material

O que se almeja com o Ciclo 2?

- Analisar o sistema de forças aplicadas a um ponto material;
- Determinar a resultante das forças aplicadas em um ponto material em diferentes situações;
- Conceituar equilíbrio de um ponto material;
- Analisar as forças que atuam em um ponto material em equilíbrio;
- Impor as condições de equilíbrio pelo método da linha poligonal ou pelo método das projeções.

Competência Específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas,

a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Teste de Leitura Ciclo 2 (TLC2)

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Arquitetura⁹

A palavra arco é proveniente do latim arcus, e na arquitetura significa um elemento construído em curva, que é arredondado. Geralmente de alvenaria, emoldura a parte superior de um vão, suportando o peso vertical do muro em que se encontra. A engenharia sempre teve um sério problema a resolver quanto à cobertura dos edifícios. Na caldeia(atual território do Iraque), os construtores dispunham tijolos de modo que o seu próprio peso os mantivesse em equilíbrio, formando abóbodas. Os arcos têm a função prática de distribuição de carga, em que a ação da força peso sobre as paredes é distribuída lateralmente, comprimindo as paredes.

As abóbodas e os arcos foram largamente empregados nas construções romanas. Os arcos romanos permitiram o alcance de maiores vãos. Na Idade Média, os arcos do estilo gótico permitiram vãos mais altos. No Brasil há construções que nos remetem a esse estilo, como a Catedral de São Pedro de Alcântara, em Petrópolis, no Rio de Janeiro.

⁹ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Mecânica volume 1, de autoria Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016).

Figura 11 Catedral da Sé



(Fonte: Domínio Público – Acesso em 15/02/19)

<https://checkinsaopaulo.com/catedral-da-se/>

Catedral Metropolitana de São Paulo ou Catedral da Sé, sua construção se iniciou-se em 1913 sendo inaugurada em 1954, mas finalizada apenas em 1967. Foto de 2015

AGORA RESPONDA:

1. Alguns espaços culturais, como o Catavento, em São Paulo, apresentam uma atração bastante curiosa, que é a ponte em um arco romano. Por meio de blocos em madeira, a ponte é construída rapidamente por encaixe, sobre um suporte de metal, também em arco. Explique como isso é possível?

Feedback para o aluno:

A ponte em arco é atraída pela Terra por meio da força peso. Esta força é resultante da soma das forças peso individuais de cada bloco. Em conjunto, essas forças passam pelo centro de gravidade da ponte, que garante o equilíbrio.

2. A simetria da figura geométrica do arco ajuda nas questões físicas do equilíbrio estático? Justifique sua resposta.

Feedback para o aluno:

Sim, uma vez que o centro de massa coincide com o centro geométrico.

Mão na massa do Ciclo 2 (MMC2)

Equilíbrio de um corpo rígido.

Materiais:

01 tripé tipo estrela 1kg de ferro fundido com manípulo e sapatas niveladoras;

01 haste $\varnothing 12,7 \times 400 \text{mm}$;

01 fixador metálico com haste para pendurar travessão;

06 massas aferidas de 50g com gancho para acoplamento rápido;

01 travessão de metal com 15 furações e escala 20cm - 0 - 20cm;

Figura 12. Equilíbrio de corpos rígidos



Fonte: AZEHEB - Laboratórios de Física (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

Descrever os fatores que determinam se dois objetos se equilibrarão entre si;

Prever como mudar a posição de uma massa na balança afetará o movimento da balança;

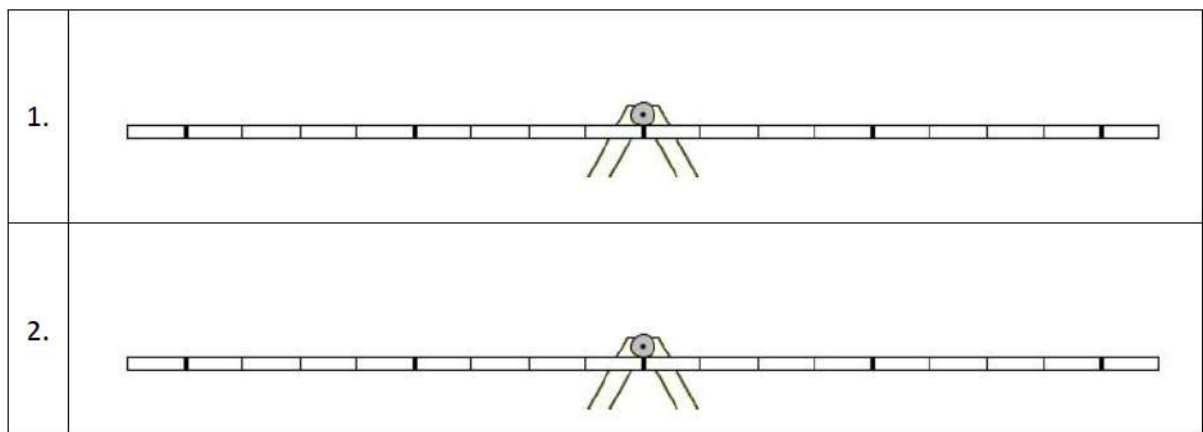
Usar um equilíbrio para encontrar as massas de objetos desconhecidos.

Instruções:

1. Explore a simulação do Balanço com seu parceiro. Ao explorar, fale sobre o que você encontra com seu parceiro (cerca de 5 minutos).
2. Há mais de uma maneira de obter dois objetos com massas idênticas para equilibrar? Como?
3. Em seguida, tente obter dois objetos com massas diferentes para equilibrar. Tente descrever pelo menos duas formas diferentes que você conseguiu equilibrá-las e desenhá-las abaixo.

Certifique-se de rotular as massas e a distância de cada massa a partir do centro (ponto de giro).

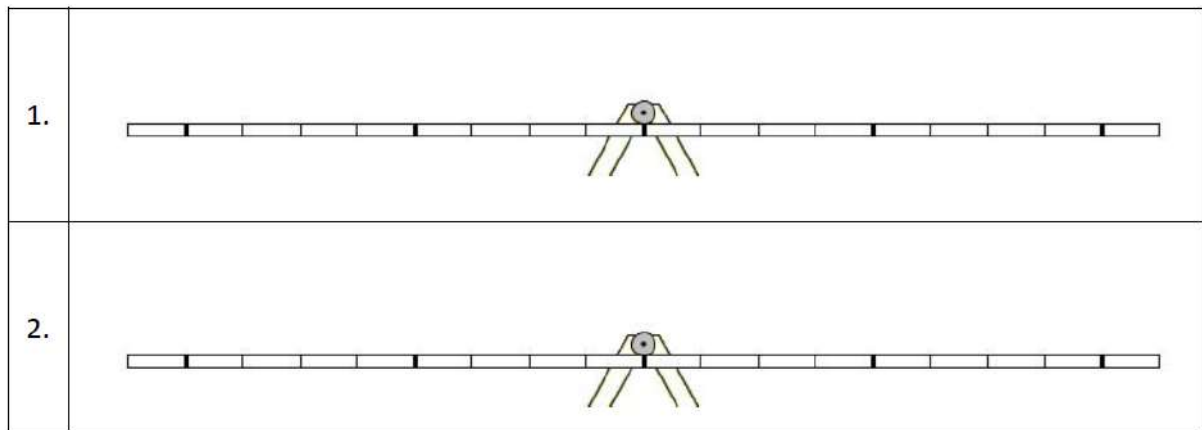
Figura 13. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)



Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

4. Desenhe dois exemplos de balanceamento de uma única massa em um lado com duas outras massas
Certifique-se de rotular as massas e a distância de cada massa a partir do centro (ponto de giro).

Figura 14. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)

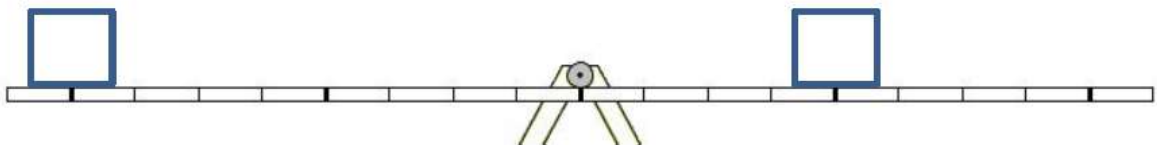


Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

5. Para suas fotos na Questão 4, desenhe as forças de cada massa.

6. Tente desenhar o que acontecerá em seguida, se a caixa à esquerda for de 45 kg e a caixa à direita for de 60 kg.

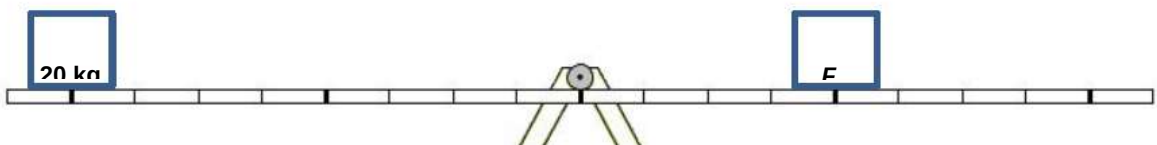
Figura 15. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)



Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

7. Desafio! Qual é a massa do objeto misterioso F? Explique como você determinou a massa.

Figura 16. Equilíbrio de corpos rígidos (Balanço)



Fonte: Uso do Software Phet Simulações para tornar a atividade experimental mais interativa
Universidade do Colorado

Questionário online

1. Na figura, um corpo de peso 120 N encontra-se em equilíbrio, suspenso por um conjunto de três fios ideais **A**, **B** e **C**. Calcule as intensidades das trações $\vec{T}_A$, $\vec{T}_B$ e $\vec{T}_C$, respectivamente nos fios **A**, **B** e **C**.

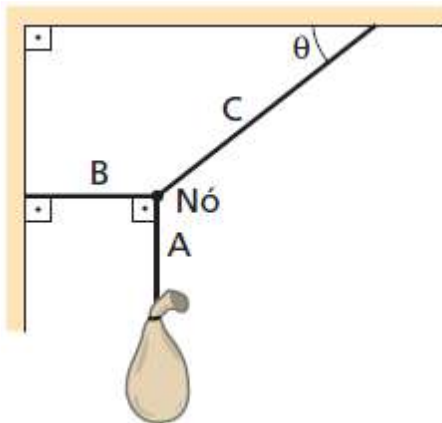


Figura 17. peso articulado

$$\sin \theta = 0,60$$

$$\cos \theta = 0,80$$

Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

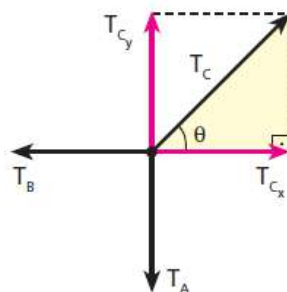
Feedback para o aluno:

Figura 17(b).
forças

A tração no fio **A** tem a mesma intensidade do peso do corpo:

$$T_A = 120 \text{ N}$$

Representemos as forças de tração que os fios exercem no nó e façamos a decomposição dessas forças segundo a vertical e a horizontal:



Do equilíbrio, vem:

$$\bullet T_{Cy} = T_A \Rightarrow T_C \cdot \sin \theta = T_A \Rightarrow T_C \cdot 0,60 = 120$$

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

$$\bullet T_B = T_{Cx} \Rightarrow T_B = T_C \cdot \cos \theta \Rightarrow T_B = 200 \cdot 0,80$$

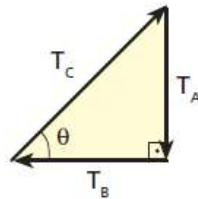
$$T_B = 160 \text{ N}$$

Distribuição de

Figura 17(c). Triângulo de forças

Nota:

- Também podemos determinar T_B e T_C lembrando que o polígono das forças de tração exercidas pelos fios no nó é fechado.



Assim, temos:

$$\sin \theta = \frac{T_A}{T_C} \Rightarrow 0,60 = \frac{120}{T_C} \Rightarrow T_C = 200 \text{ N}$$

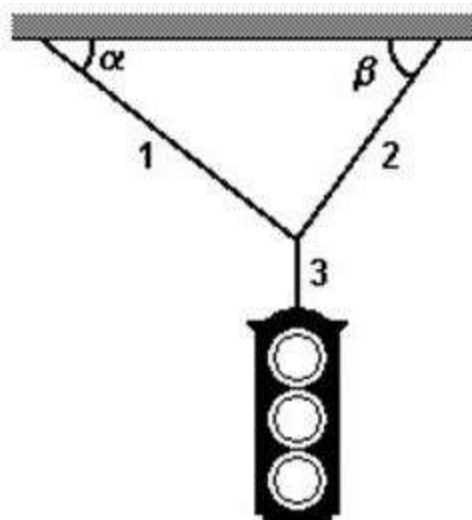
$$\cos \theta = \frac{T_B}{T_C} \Rightarrow 0,80 = \frac{T_B}{200} \Rightarrow T_B = 160 \text{ N}$$

Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Questão motivadora

2. (Unesp 2003) Um semáforo pesando 200 N está pendurado por três cabos conforme ilustra a figura. Os cabos 1 e 2 fazem um ângulo α e β com a horizontal, respectivamente.

Figura 18. semáforo articulado



Fonte: Autor

a) Em qual situação as tensões nos fios 1 e 2 serão iguais?

b) Considerando o caso em que $\alpha = 30^\circ$ e $\beta = 60^\circ$, determine as tensões nos cabos 1, 2 e 3.

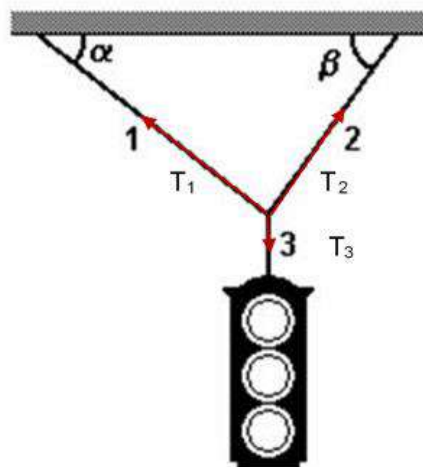
Dados: $\sin 30^\circ = 1/2$ e $\sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$

Feedback para o aluno:

a) $\alpha = \beta$

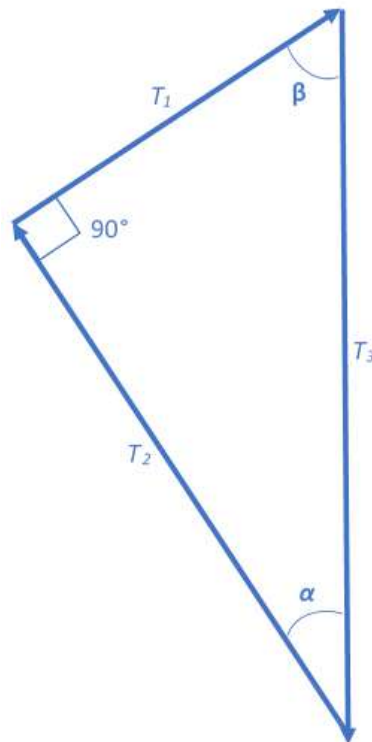
b) Primeiramente vamos distribuir as forças aplicadas ao conjunto.

Figura 18 (a). semáforo articulado com forças atuantes



Fonte: Autor

Posteriormente vamos contruir um triângulo de forças (Fig. 18b) para aplicar a Lei dos Senos



Fonte: Autor

Uma informação importante é que o valor de T_3 é igual ao peso do semáforo $P_{\text{semáforo}} = 200\text{N}$, visto que o Sistema está em equilíbrio.

Sendo assim Podemos utilizar a Lei dos Senos para calcular o valor das outras forças.

Fazendo então T_1 com T_3 , temos:

$$\frac{T_1}{\text{sen}30^\circ} = \frac{T_3}{\text{sen}90^\circ} \rightarrow \frac{T_1}{0,5} = \frac{200}{1} \rightarrow T_1 = 100\text{N}$$

Do mesmo modo podemos utilizar a Lei dos Senos para calcular o valor da força T_2 .

Fazendo então T_2 com T_3 , temos:

$$\frac{T_2}{\text{sen}60^\circ} = \frac{T_3}{\text{sen}90^\circ} \rightarrow \frac{T_2}{0,5\sqrt{3}} = \frac{200}{1} \rightarrow T_2 = 100\sqrt{3}\text{N}$$

Obs.: Poderíamos ter calculado as forças T_1 e T_2 , também com relações trigonométricas do seno e cosseno. Todavia a Lei dos senos é aplicavel para diversos tipos de triângulos, e não apenas os triângulos retângulos da referida questão.

Desafio

3. (UFRJ) Os antigos romanos foram os primeiros a usar extensivamente o arco arquitetônico em suas construções. A propriedade mais notável do arco é que as pedras que o compõem permanecem em equilíbrio devido somente às forças mútuas de contato, sem necessidade de

argamassa para cimentá-las umas às outras. Considere que o arco representado na figura abaixo está, desse modo, em equilíbrio e que cada uma de suas pedras pesa 150 N. Determine a direção e o sentido da resultante das forças que as pedras laterais D e E exercem sobre a pedra central C e **calcule seu módulo e justifique sua resposta.**

Figura 19. arco romano

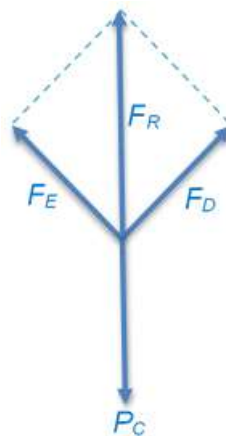


Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno:

Fazendo a distribuição das forças ao sistema, percebemos que a força resultante tem o mesmo valor da força sobre a pedra C , logo concluímos que o valor corresponde a 150N vertical, para cima.

Figura 19 (a). Distribuição de forças



Fonte: Autor

Pergunta instigante

4. Explique por que a vara comprida é mais útil para um equilibrista se ela for curvada para baixo, conforme mostra a figura.

Figura 20. homem em equilíbrio



Fonte: <https://blogs.oglobo.globo.com/blog-do-acervo/post/o-que-aconteceu-com-o-equilibrista-que-ha-45-anos-caminhou-entre-torres-do-world-trade-center.html> (s/d)

Feedback para o aluno:

A vara curvada para baixo faz com que o centro de gravidade do sistema homem-vara fique abaixo do ponto de apoio O. Se o sistema for afastado da posição de equilíbrio, o peso P terá momento em relação a O restaurando a posição de equilíbrio.

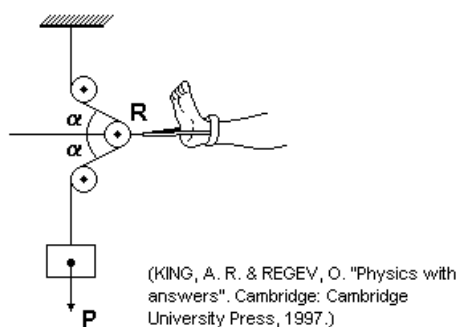
Figura 20 (a). homem em equilíbrio com centro "O"



Fonte: <https://blogs.oglobo.globo.com/blog-do-acervo/post/o-que-aconteceu-com-o-equilibrista-que-ha-45-anos-caminhou-entre-torres-do-world-trade-center.html> (s/d)

5. (Uerj 2002) Em uma sessão de fisioterapia, a perna de um paciente acidentado é submetida a uma força de tração que depende do ângulo α , como indica a figura a seguir.

Figura 21. Homem tracionando a perna



O ângulo α varia deslocando-se a roldana R sobre a horizontal.

Se, para um mesmo peso P, o fisioterapeuta muda α de 60° para 45° , o valor da tração na perna fica multiplicado por:

- a) $\sqrt{3}$
- b) $\sqrt{2}$
- c) $(\sqrt{3})/2$
- d) $(\sqrt{2})/2$

Feedback para o aluno: Pelas relações trigonométricas em um triângulo retângulo, podemos dizer que o Cosseno do ângulo equivale à razão entre a componente x da tração e a própria tração

$$\cos 60^\circ = T_x/T \Rightarrow T_x = T \cdot \cos 60^\circ$$

Condição de equilíbrio no eixo x -

$$2T_x = F(\text{força da perna})$$

$$2(T \cdot \cos 60^\circ) = F$$

$$T = F/2 \cdot \cos 60^\circ$$

$$T = F/2 \cdot 0,5$$

$$T = F$$

Diminuindo o ângulo para 45° , teremos -

$$\cos 45^\circ = T_x/T \Rightarrow T_x = T \cdot \cos 45^\circ$$

Nova condição de equilíbrio no eixo x -

$$2T_x = F'$$

$$2(T \cdot \cos 45^\circ) = F'$$

$$2(F \cdot \sqrt{2}/2) = F' \rightarrow F \cdot \sqrt{2} = F'$$

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 2

Rubrica de avaliação do Ciclo 2: Equilíbrio de um ponto material					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos do Equilíbrio de um ponto material.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as condições de equilíbrio na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) - Adaptado

Ciclo 3 Momento de uma força em relação a um ponto

O que se almeja com o Ciclo 3?

- Conceituar momento de uma força.
- Classificar o momento da força como positivo ou negativo.
- Analisar o momento e a resultante de um binário.
- Apresentar a unidade de momento de uma força no Sistema Internacional de Unidades.

Competência Específica

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

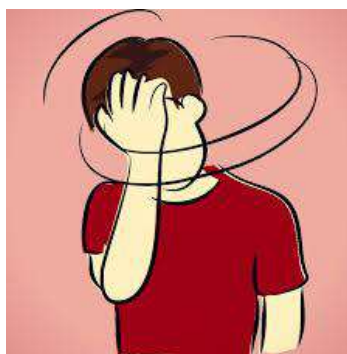
Teste de Leitura Ciclo 3 (TLC3)

Pensando as ciências: Física e Fisiologia

Desequilíbrio e labirintite¹⁰

Algumas vezes, principalmente quando nos levantamos rapidamente, podemos sentir uma leve tontura. Apesar de comum quando esporádica, essa sensação pode ser sintoma de uma doença crônica. O corpo humano tem estratégias para se manter em equilíbrio. Por meio do sistema nervoso central e vestibular, o cérebro reconhece sinais e percebe sua posição em relação à superfície de apoio. Quando isso não acontece de maneira correta, uma das consequências pode ser a labirintite.

Figura 22. Pessoa com tontura



(Fonte: Domínio Público – Acesso em 15/02/19)

<https://www.google>.

O que é o labirinto?

Localizado na orelha interna, tem função auditiva e também é responsável pelo equilíbrio.

Como o cérebro interpreta o movimento?

Dentro do labirinto, existe um líquido chamado endolinfa, que fica em contato com as células ciliares. Esses líquidos acompanham o movimento da cabeça por menores que sejam. As células ciliares captam os movimentos da endolinfa. O movimento é transformado em sinal

¹⁰ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Mecânica volume 1, de autoria Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016).

elétrico, que segue para o cérebro. Este interpreta o movimento e atua na estabilização do corpo.

Vertigem, tontura e desequilíbrio

Ocorrem quando as células ciliares não conseguem avisar o cérebro.

Tipos de tontura:

- Sensação de afundamento;
- Flutuação queda;
- Sensação de que o meio ambiente se movimenta;
- Sensação de que o corpo se mexe quando está parado.

Agora responda

1. Você conhece um instrumento usado em construções e reformas chamado nível? Ele serve para marcar corretamente a horizontal, por exemplo, na instalação de uma prateleira. Na parte central do nível há uma cápsula transparente com um líquido. Uma bolha de ar pode se deslocar facilmente pela cápsula de modo que a posição horizontal é obtida quando a bolha coincide com o centro da cápsula. Que analogia é possível fazer entre o nível e o labirinto da orelha humana?

Feedback para o aluno:

Dentro labirinto também há um líquido, a endolifa, que incita as células ciliares a produzir estímulos elétricos que serão interpretados pelo cérebro como equilíbrio ou desequilíbrio.

2. É muito comum em festas infantis mexicanas e americanas um jogo que consiste em acertar, com um cabo de madeira e olhos vendados, uma pinhata repleta de balas e doces. No Brasil, temos uma festa semelhantes nas festas juninas, que é prender, também de olhos vendados, um objeto que se assemelha um rabo em uma figura que representa um burro. Em ambos os casos, para tornar a brincadeira mais divertida, gira-se a pessoa algumas vezes de soltá-la. O que geralmente acontece nessas situações?

Feedback para o aluno:

Com os olhos vendados, a pessoa não tem como contar com sentido sensorial da visão e, após ter girado algumas vezes, ela também fica desorientada quanto à posição espacial. Dificilmente nessas condições a pessoa conseguirá acertar a

pinhata ou a posição certa do rabo do burro, além de correr o risco de cair ao tentar caminhar.

Mão na massa do Ciclo 3 (MMC3)

Mesa de Força

Materiais:

- 01 dinamômetro de 2N e precisão 0,02N;
- 02 tripés tipo estrela com manípulo;
- 01 haste 25cm com furo;
- 01 haste 25cm;
- 04 massas aferidas de 50g com gancho;
- 01 disco transferidor Ø235mm;
- 01 mesa circular Ø20cm com base e 03 roldanas;
- 01 carretel de linha;
- 01 fixador metálico com haste 3cm;
- 01 unidade de armazenamento 40x50cm;

Figura 23. Mesa de força



Fonte: AZEHEB – Laboratórios de Física (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

Adição de vetores;

Força resultante;

Força equilibrante;

Composição de forças;

Decomposição de forças;

Equilíbrio de um ponto.

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto;

02. Preencher tabela abaixo.

m = 100g			
F₁		α₁	
F₂		α₂	
F₃		α₃	
F_R		α_R	

Atividades

1. Como voce determinou as forças que as massas aferidas exercem? Por quê?
2. Que conclusão voce pode tirar sobre a relação entre a força do dinamômetro e a resultante entre as três foças das massas penduradas?

3. Qual é a força resultante de todas as forças envolvidas no experimento? Justifique.

Questionário online

1. A figura abaixo ilustra uma ferramenta utilizada para apertar ou desapertar determinadas peças metálicas.

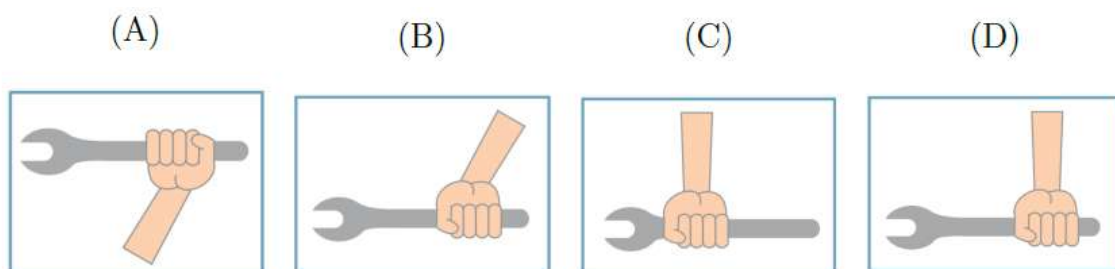
Figura 24. ferramenta



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Para apertar uma peça, aplicando-se a menor intensidade de força possível, essa ferramenta deve ser segurada de acordo com o esquema indicado em:

Figura 24(a). Ferramentas

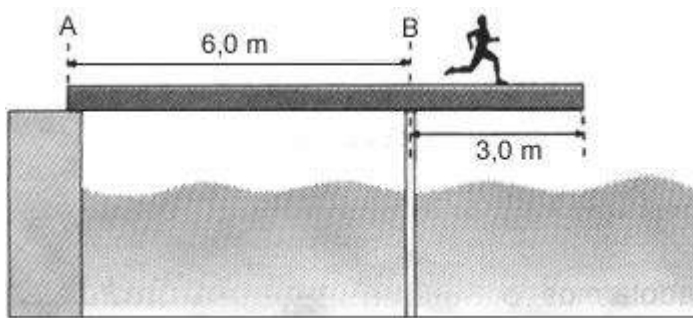


Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Feedback para o aluno: D)

2. (PUC-MG) Na figura desta questão, um jovem de peso igual a 600 N corre por uma prancha homogênea, apoiada em A e articulada no apoio B. A prancha tem o peso de 900 N e mede 9,0 m. Ela não está presa em A e pode girar em torno de B. A máxima distância que o jovem pode percorrer, medida a partir de B, sem que a prancha gire, é:

Figura 25. homem na prancha



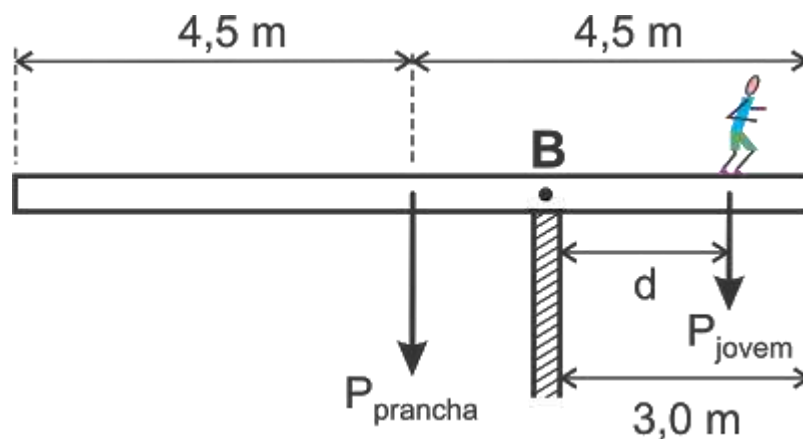
Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

- a) 1,75 m.
- b) 2,00 m.
- c) 2,25 m.
- d) 2,50 m.

Feedback para o aluno:

A máxima distância que o jovem pode percorrer, medida a partir de B, sem que a prancha gire, corresponde ao instante em que a força normal em A torna-se nula.

Figura 25(a). homem na prancha (Forças aplicadas)



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Nestas condições, tomando o ponto B como referência e considerando que a soma dos momentos das forças que tendem a produzir rotação no sentido horário é igual à soma dos momentos das forças que tendem a produzir rotação no sentido anti-horário, temos:

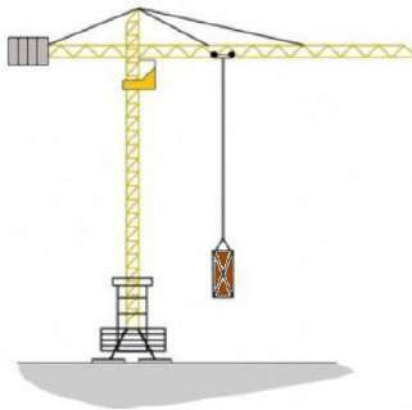
$$P_{\text{prancha}} \cdot 1,5 = P_{\text{jovem}} \cdot d \Rightarrow 900 \cdot 1,5 = 600 \cdot d \Rightarrow d = 2,25\text{m}$$

Resposta: c

Questão motivadora

3. (FCM-PB) O guindaste (também chamado de grua e, nos navios, pau de carga) é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, assim como a ponte rolante a partir do princípio da física no qual uma ou mais máquinas simples criam vantagem mecânica para mover cargas além da capacidade humana. São comumente empregados nas indústrias, terminais portuários e aeroportuários, onde se exige grande mobilidade no manuseio de cargas e transporte de uma fonte primária à embarcação, trem ou elemento de transporte primário, ou mesmo avião, para uma fonte secundária, um veículo de transportes ou depósitos locais. Podem descarregar e carregar contêineres, organizar material pesado em grandes depósitos, movimentação de cargas pesadas na construção civil e as conhecidas pontes rolantes ou guindastes móveis muito utilizados nas indústrias de laminação e motores pesados.

Figura 26. Grua



Fonte: <https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-torque-uma-forca.htm> (s/d)

Um aluno, de posse de um simulador, projeta a Grua acima com as seguintes características: o braço maior da Grua tem comprimento de 16 metros, o braço menor, 4 m; o contrapeso na extremidade do braço menor tem uma massa equivalente a 0,5 toneladas, cujo centro de massa coincide com a extremidade do braço menor. A barra horizontal possui massa de 200 kg, uniformemente distribuída, e a barra vertical está rigidamente fixada. De acordo com o projeto acima descrito, qual o peso máximo que essa Grua poderá levantar sem tombar?

- a) 2000N
- b) 1500N
- c) 1000N
- d) 50N
- e) 500N

Feedback para o aluno:

Adotando o ponto de encontro das barras vertical e horizontal como o eixo de rotação, os braços de alavanca de cada uma das forças serão:

Contrapeso = 4 m

Peso da barra horizontal = 6 m. Como o peso distribui-se de forma homogênea, podemos considerar o centro de massa da barra exatamente em seu centro, assim, a posição do peso da barra é 10 m de qualquer uma das extremidades. Em relação ao eixo de rotação, a distância é de apenas 6 m.

Peso máximo erguido pela grua = 16 m. Para determinar o máximo peso suportado pela grua, devemos colocar o peso na extremidade da máquina.

Sabendo que a força peso é o produto da massa de um elemento pelo valor da gravidade, temos:

Contrapeso: $500 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 5000 \text{ N}$

Peso da Barra: $200 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 2000 \text{ N}$

Adotando o sentido horário como positivo e sabendo que o torque é o produto da força pelo braço de alavanca, teremos:

$$T_{PMÁX} + T_{PB} - T_{CP} = 0$$

$T_{PMÁX}$ = Torque do peso máximo;

T_{PB} = Torque do peso da barra;

T_{CP} = Torque do contrapeso.

$$P \cdot 16 + 2000 \cdot 6 - 5000 \cdot 4 = 0$$

$$16 \cdot P = 20000 - 12000$$

$$16.P = 8000$$

$$P = 8000 \div 16$$

$$P = 500 \text{ N.}$$

O peso máximo a ser erguido pela grua é de 500 N.

Letra E

Desafio

4. Imagine que você esteja empurrando com uma força tal que, se apenas levemente aumentada, o bloco começa a se Inclinar. Se existem binários calcule a magnitude de cada torque (TIPLER 6ª ed. Adaptada)

Figura 27. homem empurrando bloco



Fonte: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2012/12/cursos-do-blog-mecanica_24.html (2012)

Feedback para o aluno:

$$F_{APL} = Mg L/2H$$

Perguntas instigantes

5. Por que os caminhoneiros acoplam um cano nas chaves de roda dos caminhões?

Figura 28. Chave de roda

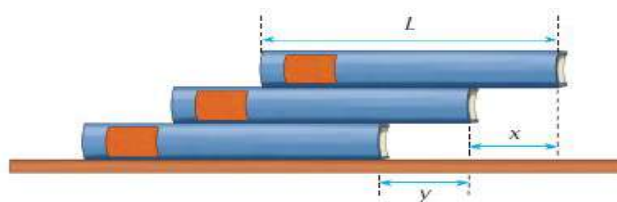


Fonte: Bonjorno, Ramos, Prado e Casemiro (2016)

Feedback para o aluno: Aumentando o braço diminui a força aplicada.

6. Empilham-se três livros idênticos sobre uma mesa, conforme mostra a figura. Cada livro tem comprimento $L = 20\text{ cm}$. Quais os valores máximos de x e y para que o conjunto mantenha-se em equilíbrio?

Figura 29. Livros empilhados

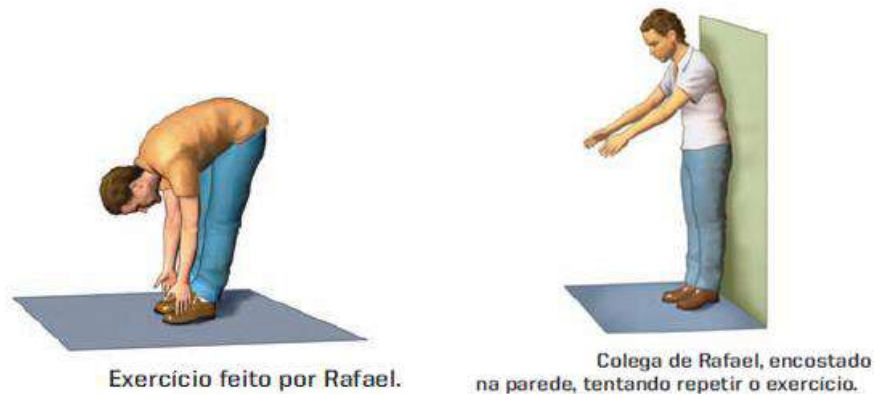


Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Feedback para o aluno: $y = L/4 = 5\text{ cm}$

7. Rafael gosta de fazer “pegadinhas” com seus colegas. Ele começou demonstrando um exercício físico de flexibilidade, tocando nos pés sem dobrar os joelhos (figura 30). O bem-humorado Rafael, com ar de gozação, disse que seus colegas não seriam capazes de fazer esse exercício sem perder o equilíbrio do corpo e, por isso, daria a chance de eles realizarem o exercício, encostados na parede.

Figura 30. Rafael e seu colega



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

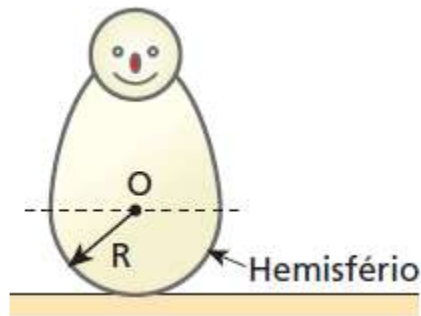
Esse procedimento, proposto por Rafael, em vez de auxiliar, dificulta ainda mais o equilíbrio corporal da pessoa, pois a parede faz com que:

- a) o centro de gravidade da pessoa seja deslocado para uma posição que impede o equilíbrio.
- b) a força normal exercida na pessoa, pela parede, seja maior do que a força que a pessoa faz na parede.
- c) o torque exercido na pessoa, pela parede, seja maior do que o torque que a pessoa faz na parede, ambos em relação aos pés da pessoa.
- d) o centro de gravidade da pessoa não coincida com o seu próprio centro de massa.

Feedback para o aluno: a)

8. Existe um boneco que insiste em ficar em pé após sofrer qualquer abalo. Imaginando sua base hemisférica de raio R e centro O , podemos afirmar que esse brinquedo exemplifica bem o equilíbrio:

Figura 31. João bobo



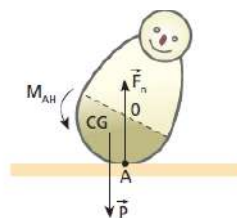
Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

- a) estável, e seu centro de gravidade (CG) está acima de **O**.
- b) estável, e seu CG está abaixo de **O**.
- c) indiferente, e seu CG está em **O**.
- d) estável, e seu CG está no contato com o chão.
- e) instável, e seu CG está abaixo de **O**.

Justifique sua resposta

Feedback para o aluno

Figura 31(a). João bobo



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

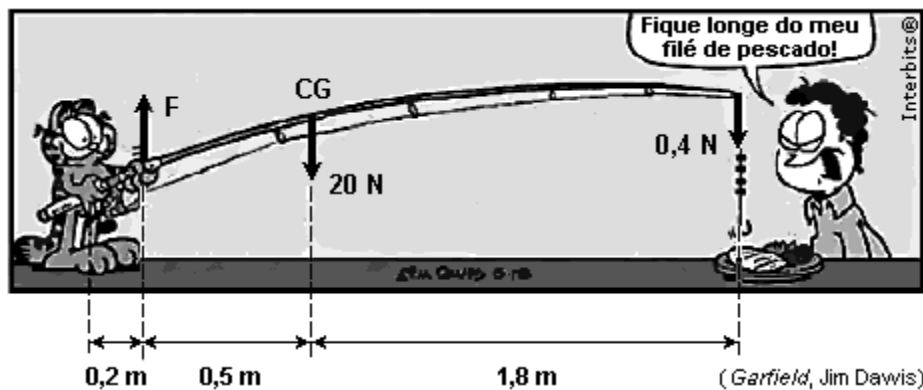
Quando o boneco é tombado, o $\vec{P}$ produz um momento em relação ao ponto de apoio **A** e ele volta a ficar de pé.

Alternativa: b

Atividade individual

9. (G1 - ifsp 2012) O quadrinho mostra o *Garfield* tentando pescar o filé de seu dono com uma vara cuja força peso, de módulo 20 N, está representada em seu centro de gravidade, CG. Para conseguir seu almoço, o gato utilizou um fio de nylon de massa desprezível com um anzol e um conjunto de chumbinhos, totalizando 0,4 N de peso, pendurados na ponta.

Figura 32. Tirinha de Física



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Considerando-se as distâncias indicadas na figura, numa situação em que a vara esteja em equilíbrio, sendo segurada pelas duas patas de *Garfield*, a intensidade da força F , em newtons, aplicada pela pata esquerda do gato na vara, é igual a

- a) 75.
- b) 65.
- c) 55.
- d) 45.
- e) 35.

Feedback para o aluno:

Explicação:

Como tem que estar em equilíbrio, a soma dos torques horários e anti-horários têm que dar zero.

Logo, tomando como ponto de apoio a mão direita do gato:

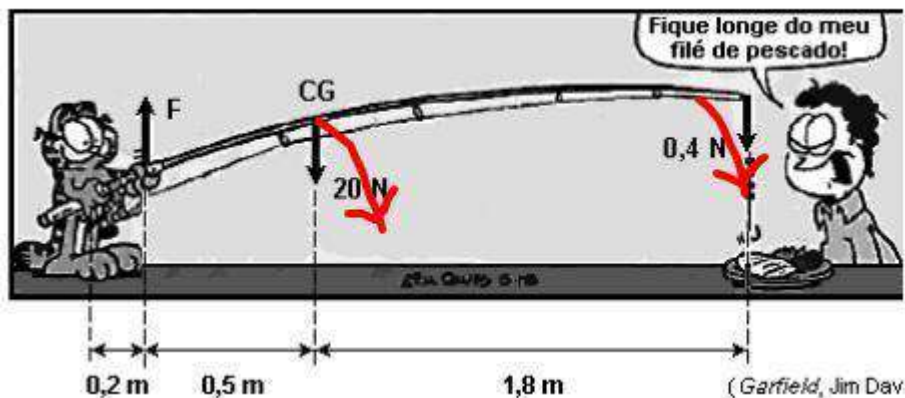
$$0,4 \cdot (1,8 + 0,5 + 0,2) + 20 \cdot (0,5 + 0,2) = F \cdot (0,2)$$

$$F = 15/0,2 = 75N$$

Note que esses 75N são aplicados pela mão esquerda, justamente por isso usei $F \cdot (0,2)$ lá em cima, pois é a força aplicada pela mão esquerda, multiplicada pela distância da outra mão.

Soma-se o peso da vara também ao momento de uma força, pois ela ajuda no movimento horário, perceba olhando a imagem bem, que tentei demonstrar isso.

Figura 32(a). Tirinha de Física



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Letra A

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 3

Rubrica de avaliação do Ciclo 3: Momento de uma força em relação a um ponto					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos de Momento de uma força em relação a um ponto	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				

O aluno consegue aplicar as relações de momento na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) - Adaptado

Ciclo 4 As Maquinas Simples

O que se almeja com o Ciclo 4?

- Reconhecer a importância das máquinas para a humanidade, nos dias de hoje.
- Conhecer as diferentes configurações de alavancas, que podem ser utilizadas em várias situações.
- Identificar como a variação dos braços de uma alavanca pode permitir ganho de força, facilitando a realização de uma tarefa.
- Compreender que, quanto maior for o braço de uma alavanca, maior será o ganho de força. Compreender como equilibrar objetos de massas diferentes, utilizando uma balança de braços iguais.
- Compreender a relação entre a distância do objeto que se deseja pesar e o ponto de apoio da balança, para que se consiga o equilíbrio entre seus braços.
- Identificar as alavancas presentes em diferentes aparelhos e ferramentas utilizados diariamente. Identificar as partes que compõem as alavancas.
- Compreender que usando rodas ou cilindro é possível reduzir a força necessária para arrastar um objeto.
- Comparar as diferentes formas de associar as polias, identificando as vantagens do cadernal.

Competência Específica

- Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que

considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Testes de Leitura Ciclo 4 (TLC2)

TESTE DE LEITURA 4.1

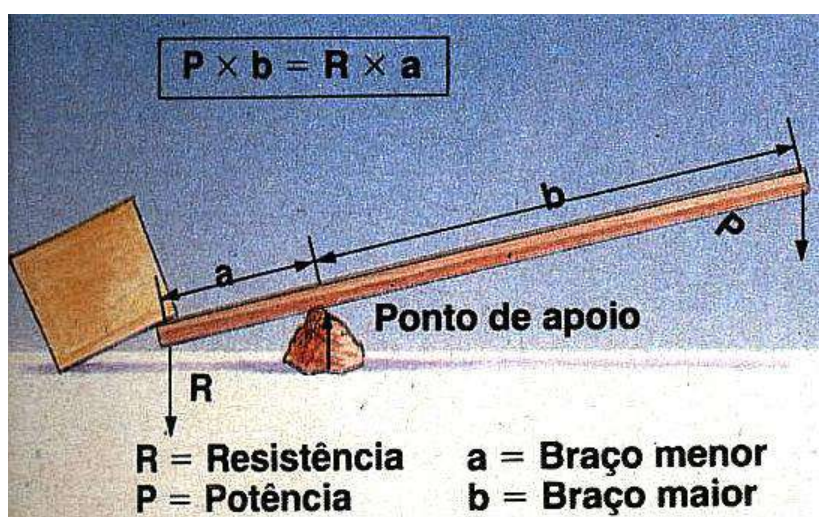
Arquimedes e uma alavanca para a Terra¹¹

É famosa a história, contada pelo o escritor grego Plutarco, de que Arquimedes, após descobrir o Princípio da Alavancagem afirmara:” Deem-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu levantarei o mundo”. Mas teria de fato Arquimedes conseguido erguer a Terra?

¹¹ O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física para o Ensino Médio”, Mecânica volume 1, de autoria Yamamoto e Fuke (2016).

Foi, na verdade, o escritor russo Yakov Perelman, autor de várias obras de curiosidades científicas, quem fez a provocadora pergunta no seu livro Física Recreativa. É claro que Arquimedes usou de uma força de expressão para enaltecer o princípio da alavanca e não se vangloriar de sua força física. Todas as alavancas seguem o mesmo princípio: com uma força P aplicada no braço maior(b) é possível equilibrar uma força maior, R , que esteja na ponta do braço menor(a), já que o produto $P.b$ é igual o produto $R.a$ (veja o esquema a seguir).

Figura 33. Alavanca de Arquimedes



Fonte: <http://eteviprimeirod.blogspot.com> (2009)

A proposta de Arquimedes segue o mesmo princípio. Mas vejamos os valores: sabemos que hoje um corpo com a mesma massa da Terra, se pudesse ser pesado na superfície do nosso planeta, pesaria seis sextilhões (6.10^{21}) de toneladas. Supondo-se que o sábio de Siracusa fosse capaz de levantar diretamente do solo, um peso de 60 quilos, ele iria necessitar de uma imensa alavanca(indeformável) cujo braço fosse maior 10^{23} vezes maior que o menos, ou seja, 100 000 000 000 000 000 000 000 vezes o braço menor.

Apoiando essa alavanca na lua, que está a cerca de 400 mil (4.10^5) quilômetros da Terra, Arquimedes teria que ficar na astronômica distância de 4.10^{28} quilômetros, a partir da lua ($4.10^5.10^{23}$), o que é quase 280 mil vezes mais distante que a galáxia mais remota. Mesmo supondo, tudo isso possível, seria interessante notar o deslocamento que Arquimedes teria que dar na extremidade mais longa para que o braço menor levantasse o nosso planeta 1 centímetro apenas: cerca de 1 quintilhão(10^{18}) de quilômetros. Esses cálculos não levam em conta os pesos da

alavanca. É claro: se é verdade que o sábio fez tal declaração, ele se destinava a realçar seu entusiasmo pelo o princípio da alavanca, e não para ser tomado ao pé da letra.

Vejamos então o raciocínio de Perelman: "Se supusermos que Arquimedes podia levantar um peso de 60 quilos a 1 metro de altura em 1 segundo - o que é próximo da capacidade um cavalo-vapor -, para 'levantar a Terra' um único centímetro, ele levaria algo por volta de 32 trilhões de anos". Esses simples cálculos mostram os valores reais a que podem chegar algumas declarações, se forem interpretadas literalmente.

Organizando as ideias do texto

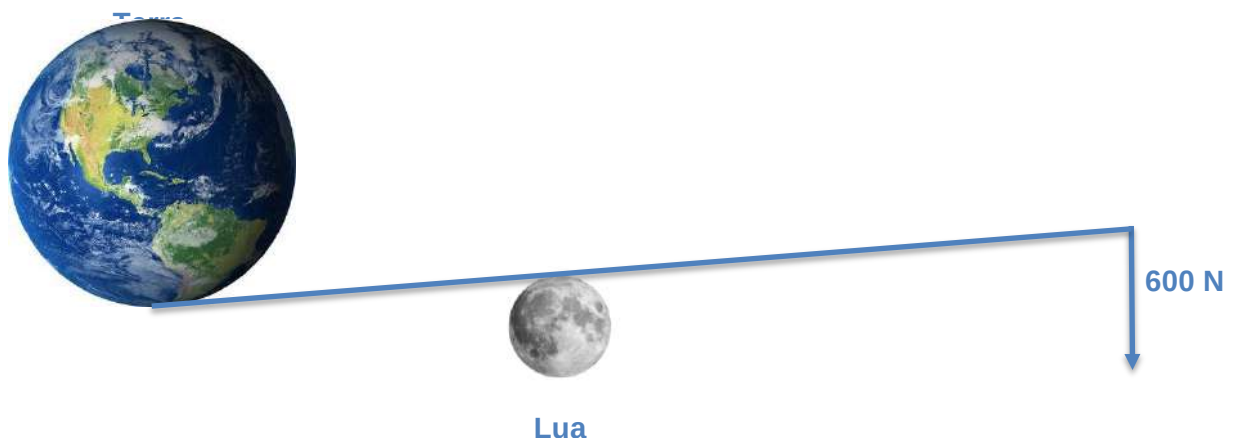
1. Você entendeu o raciocínio do professor Barco? O que quer dizer quando supõe que Arquimedes "fosse capaz de levantar diretamente do solo um peso de 60 kg"?

Feedback para o aluno: significa que ele pode exercer uma força de 600 N ou 60 kgf.

2. Monte um esquema que represente a alavanca imaginária de Arquimedes. Esse esquema deve representar (ou mencionar) a Terra, a Lua e o próprio Arquimedes.

Feedback para o aluno: veja a ilustração fora de escala:

Figura 34. Terra e Lua



Fonte: Yamamoto e Fuke. Física para o Ensino Médio. Mecânica (2016)

3. Finalmente, mostre que, levando em conta todas as simplificações sugeridas, é possível erguer a Terra nessas condições.

Feedback para o aluno: $P_{TERRA} \cdot d_{TERRA-LUA} = R \cdot d_{P-LUA} \rightarrow 6 \cdot 10^{24} \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10^5 = 600 \cdot 4 \cdot 10^{28}$

Substituindo todas as informações, encontraremos uma igualdade, portanto, nessas condições é possível erguer a Terra.

4. Reproduza no caderno o cálculo e as premissas necessárias para se obter o espantoso deslocamento 10^{18} km na extremidade mais longa da alavanca.

Feedback para o aluno: utilizando semelhança de triângulos, temos:

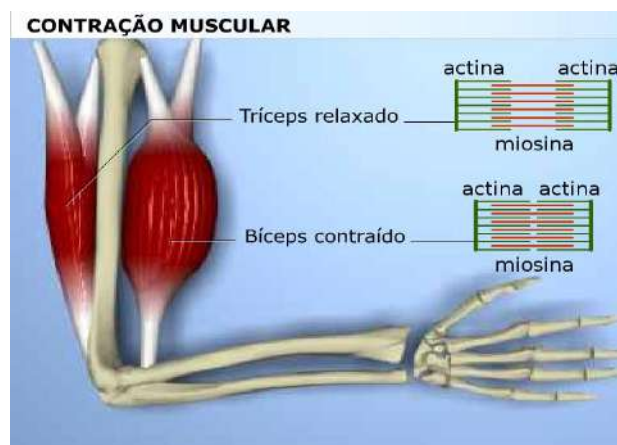
$$\frac{1 \text{ cm}}{x} = \frac{4 \cdot 10^5 \text{ km}}{4 \cdot 10^{28} \text{ km}} \rightarrow x = 23 \text{ cm} = 10^{18} \text{ km}$$

TESTE DE LEITURA 4.2

Força e contração muscular¹²

As **contrações musculares** podem ser divididas em: ...**contração** concêntrica - é o tipo de **contração muscular** no qual os músculos encurtam durante a geração de **força**; **contração** excêntrica - ocorre quando o músculo alonga enquanto está sob tensão devido a uma **força** externa maior que a **força** gerada pelo músculo.

Figura 35. Contração muscular



Fonte: cienciadotreinamento.com.br (s/d)

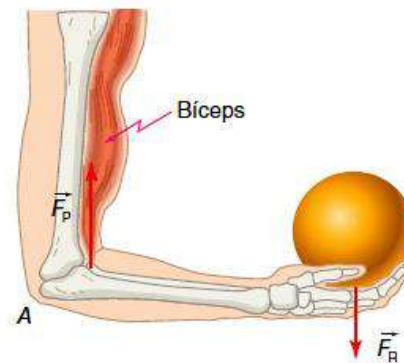
Pense e responda:

O antebraço funciona como uma alavanca, a força potente e a força proporcionada pela a contração dos bíceps, enquanto a força resistente (supondo

¹² O teste de leitura apresentado ao leitor foi retirado do livro “Física Contexto & Aplicações”, Mecânica volume 1, de autoria Da luz e Álvares (2014).

desprezível o peso do próprio antebraço) é aquela exercida sobre o objeto apoiado sobre a mão. Observe a posição do ponto fixo e das forças potentes e resistentes na figura abaixo. Suponha que o bíceps se liga ao osso do antebraço a uma distância de 4 cm do ponto fixo e que a distância desse objeto sobre a mão seja de 32 cm. Considere que o peso do objeto da figura seja 50 N.

Figura 36. Alavanca do antebraço

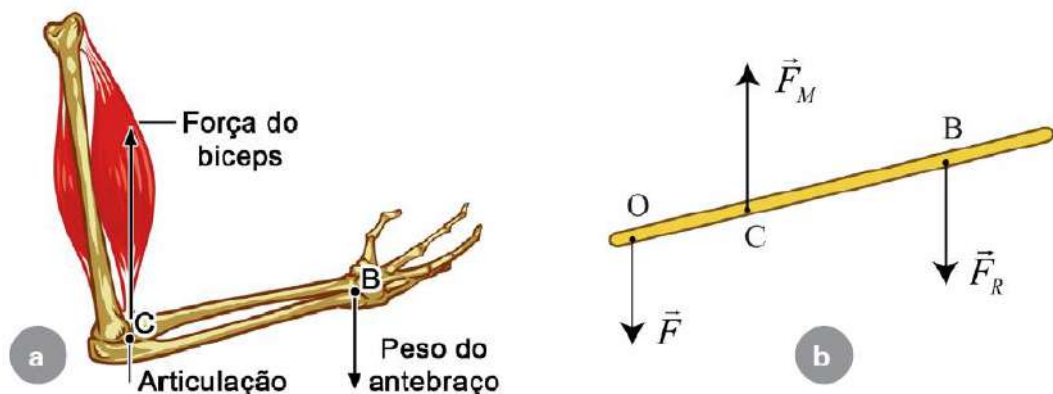


Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

1. Classifique o tipo de alavanca representada pelo o antebraço.
2. Qual o valor da força(força resistente) que o objeto exerce sobre a mão?
3. Qual o valor da força(força potente) que o bíceps exerce para sustentar o conjunto antebraço-objeto?

Feedback para o aluno:

1. interfixa;
2. 50N;
3. Resolução proposta para o aluno.



Fonte: Júnior, Ferraro e Soares. Os Fundamentos da Física (2007)

Figura 36 (a) O antebraço é mantido na posição indicada pela ação da força do bíceps no ponto C. A carga a ser suportada é o peso do antebraço que se aplica no CG. O sistema funciona como uma alavanca interpotente. Em Figura 36 **(b)** temos o DCL da alavanca (antebraço reduzido a uma alavanca), onde $\vec{F}_M$ é a força do bíceps e $\vec{F}_R$ é o peso do antebraço (a resistência a ser vencida).

Levando-se em conta as condições de equilíbrio em uma alavanca, o produto da força potente pelo seu braço deve ser igual ao produto da força resistente pelo seu braço. De acordo com a notação já introduzida, escrevemos:

$$\vec{F}_R B_R = \vec{F}_M B_M$$

Assim temos:

$$50 * 32 = \vec{F}_M * 4 \therefore \vec{F}_M = 400N$$

Mão na massa do Ciclo 4 (MMC2)

Roldanas

Materiais:

- 03 massas aferidas 50g com gancho;
- 01 tripé tipo estrela com manípulo;
- 01 fixador de plástico com duas roldanas fixas;
- 01 carretel de linha;
- 01 roldana simples móvel;
- 01 roldana simples fixa;
- 01 haste fêmea 405mm;
- 01 haste macho 405mm;
- 05 ganchos de ferro tipo “S”.

Figura 37. Roldanas



Fonte: Azeheb – Laboratórios de Física (2015)

Alunos

Objetivos de aprendizado:

Associação de Roldanas

Procedimentos:

01. Montar o equipamento conforme a foto. Colocar duas massas de **50g** na roldana móvel;
02. Determinar o peso das massas (duas massas de **100g** roldana móvel)

$F_{RE} = \underline{\hspace{2cm}}$ N (Força resistente)

03. Anotar o valor da força motora.

$F_m = \underline{\hspace{2cm}}$ N (Força motora)

04. Os valores de F_{RE} e F_m foram iguais?

05. Clacular a vantagem mecânica da roldana móvel.

$V_m = F_{RE}/F_m = \underline{\hspace{2cm}}$

06. Fazer um comentário para aplicação prática da roldana móvel.

Questionário online

1. Identifique, nas alavancas das figuras abaixo, a localização do ponto fixo, da potência e da resistência e o tipo de alavanca que cada uma constitui.

a) quebra-nozes

Figura 38



Fonte: depositphotos.com/1128187 (s/d)

b) tesoura

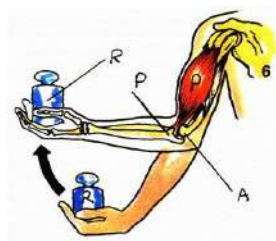
Figura 39



Fonte: depositphotos.com/163817400 (s/d)

c) braço com peso

Figura 40



Fonte: cienciadotreinamento.com.br (2015)

d) alicate de unha

Figura 41



Fonte: br.freepik.com (s/d)

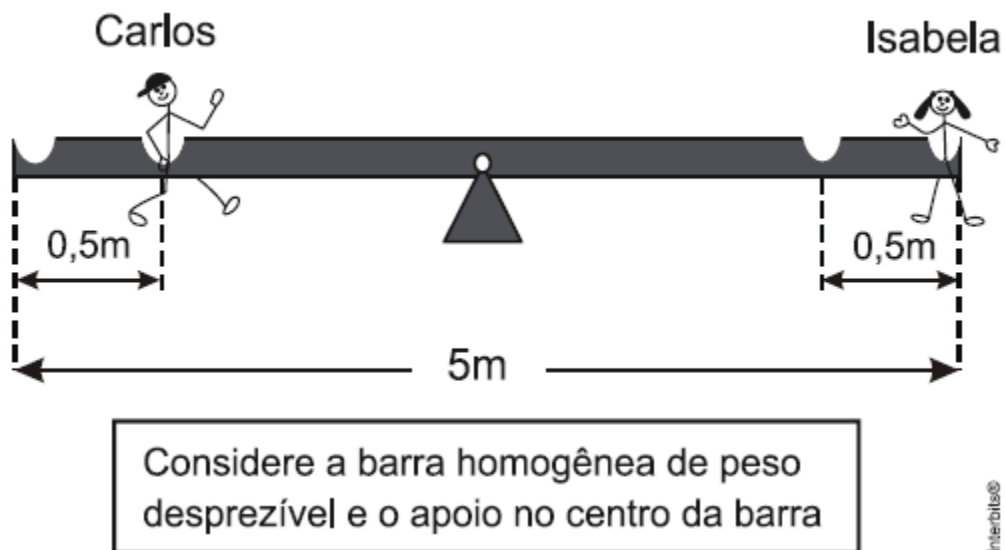
Feedback para o aluno:

- a) O quebra nozes é uma alavanca inter-resistente, ou seja aplicação da força resistente $\vec{F}_R$ está entre a aplicação da força potente $\vec{P}$ e o ponto de apoio A.
- b) A tesoura é uma alavanca interfixa, ou seja, o ponto de apoio A está entre a aplicação da força potente $\vec{P}$ e a aplicação da força resistente $\vec{F}_R$.
- c) O antebraço é uma alavanca interpotente, ou seja, a aplicação da força potente $\vec{P}$ está entre a aplicação da força resistente $\vec{F}_R$ e o ponto de apoio A. A força resistente é exercida pela mão para sustentar a esfera, a força potente é exercida pelos músculos bíceps e o ponto de apoio é o cotovelo.
- d) O cortador de unha é uma alavanca interpotente, ou seja, a aplicação da força potente $\vec{P}$ está entre a aplicação da força resistente $\vec{F}_R$ e o ponto de apoio A.

Questão motivadora

2. (G1 - ifsp 2013) Em um parque de diversão, Carlos e Isabela brincam em uma gangorra que dispõe de dois lugares possíveis de se sentar nas suas extremidades. As distâncias relativas ao ponto de apoio (eixo) estão representadas conforme a figura a seguir.

Figura 42



Fonte: Da Luz, Álvares e Guimarães. Física Contexto & Aplicações (2017)

Sabendo-se que Carlos tem 70 kg de massa e que a barra deve permanecer em equilíbrio horizontal, assinale a alternativa correta que indica respectivamente o tipo de alavanca da gangorra e a massa de Isabela comparada com a de Carlos.

- a) Interfixa e maior que 70 kg.
- b) Inter-resistente e menor que 70 kg.
- c) Interpotente e igual a 70 kg.
- d) Inter-resistente e igual a 70 kg.
- e) Interfixa e menor que 70 kg.

Feedback para o aluno:

Da figura, as distâncias de Isabela e Carlos até o eixo de rotação são, respectivamente, $S_I = 2,5 \text{ m}$ e $S_C = 2,0 \text{ m}$.

Como o sistema está em equilíbrio, temos que $\sum M = 0$.

$$M_C \cdot g \cdot S_C = M_I \cdot g \cdot S_I$$

$$M_I = \frac{M_C \cdot S_C}{S_I} = \frac{70 \cdot 2}{2,5} = 56 \text{ kg}$$

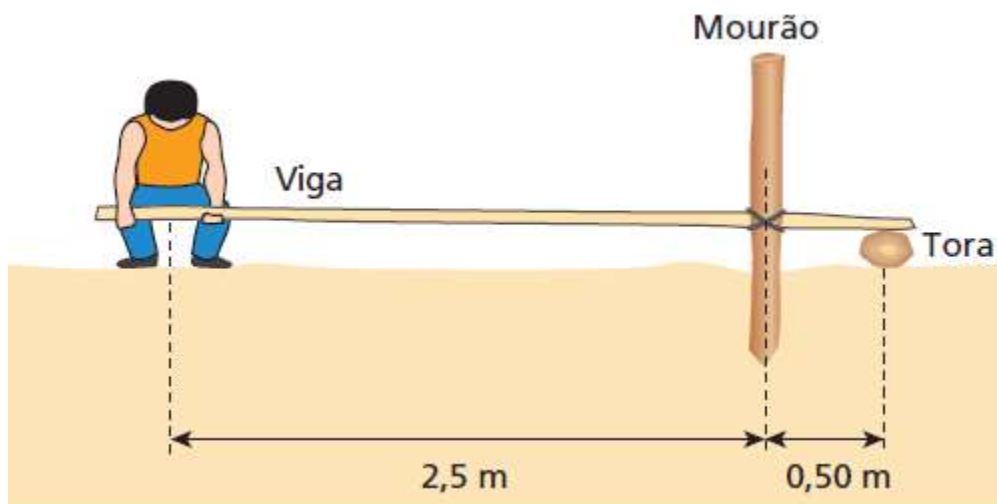
O tipo de alavanca formada pela gangorra é interfixa, pois o apoio está entre as forças que estão sendo aplicadas.

Alternativa E.

Desafio

3. Suponha que, para arrancar um mourão fincado no chão, um homem, puxando-o diretamente com as mãos, tivesse de exercer nele uma força de intensidade 1 800 N, no mínimo.

Figura 43



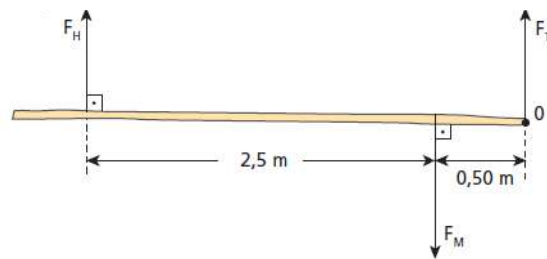
Fonte: Helou, Gualter e Newton. Tópicos de Física (2010)

Usando uma viga amarrada no mourão e apoiada em uma tora, como sugere a figura, determine a mínima intensidade da força que o homem precisa exercer na viga para arrancar o mourão. Para simplificar, desconsidere o peso da viga e suponha que a força total exercida nela pelo homem esteja aplicada no ponto médio entre suas mãos.

Feedback para o aluno:

Forças na viga

Figura 44



Fonte: Helou, Gualter e Newton. Tópicos de Física (2010)

Como o sistema está em equilíbrio, temos que $\sum M.O = 0$.

$$F_H \cdot 3,0 = F_M \cdot 0,50 \rightarrow F_H \cdot 3,0 = 1800 \cdot 0,50$$

$$F_H = 300N$$

Resposta: 300 N.

Pergunta instigante

4. No ato de extrair um prego de uma superfície plana com um martelo, qual o tipo de alavanca o martelo apresenta?

Figura 45



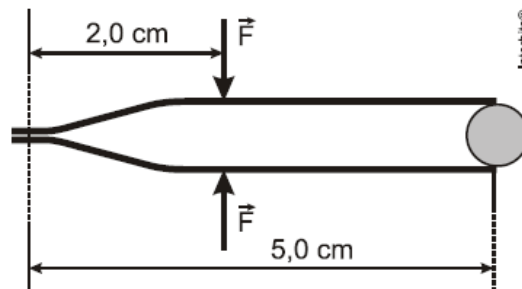
Fonte: pt.dreamstime.com (s/d)

Feedback para o aluno: O tipo de alavanca formada pelo martelo é interfixa, pois o apoio está entre as forças que estão sendo aplicadas.

Atividade individual

5. (Acafe 2012) Um instrumento utilizado com frequência no ambiente ambulatorial é uma pinça. Considere a situação em que se aplica simultaneamente uma força F de módulo 10N como se indica na figura a seguir.

Figura 46



Fonte: nsaulasparticulares.com.br (2014)

O módulo da força, em newtons, que cada braço exerce sobre o objeto colocado entre eles é:

- a) 15 b) 8 c) 10 d) 4

Feedback para o aluno: Desconsiderando o peso do objeto, sendo F_1 a intensidade das forças pedidas temos:

$$M_{f_1} = M_f \rightarrow F_1 \cdot 5 = 10 \cdot 2 \rightarrow F_1 = 4\text{ N} \rightarrow \text{Alternativa D}$$

Rubrica de avaliação do discente no Ciclo 4

Rubrica de avaliação do Ciclo 4: Máquinas simples					
Critério a ser observado no aluno	Níveis de evidência (Ver seção 3.1)				
	nível 1	nível 2	nível 3	nível 4	nível 5
O aluno demonstra lembrar dos conceitos científicos de Máquinas simples.	Observar: desempenho no teste de leitura.				
O aluno demonstra entendimento e compreensão dos conceitos estudados.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue aplicar as máquinas simples na proposição de solução de um problema.	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue analisar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
O aluno consegue sintetizar e avaliar se o modelo proposto corresponde ao observado (real).	Observar: desempenho da atividade Mão na Massa.				
Resultados	[0%; 50%]	[50%; 65%]	[65%; 75%]	[75%; 85%]	[85%; 100%]

Fonte: Costa (2018) – Adaptado

Capítulo 3

O Projeto Integrador para Técnicos em Edificações

Neste capítulo, descreveremos uma proposta de Projeto Integrador construído a partir dos princípios de design propostos no capítulo anterior. Nele, o professor pode observar um exemplo real que foi testado e avaliado no ambiente escolar.

Construindo um modelo físico da Grua de palitos.

Nesta etapa o autor propõe ao aluno é desafiado a construir (com palitos de picolé e base de concreto) um modelo físico de uma Grua treliçada e, concomitante a isso, um modelo matemático-computacional da mesma estrutura. Esta etapa é planejada para oportunizar aos alunos o desenvolvimento do mais elevado grau de desenvolvimento cognitivo proposto pela Taxonomia de Bloom **(Criar)**.

Após o detalhamento dos materiais e o formato da estrutura já selecionada, foram desenvolvidas plásticas de construção da estrutura no programa FTOOL, e realizado levantamentos das medidas dos palitos e as possíveis forças que seriam estimuladas após a finalização da grua.

Os modelos físico e virtual são comparados em um ensaio destrutivo de carga permitindo ao aluno comparar o desempenho previsto no modelo matemático-computacional com o desempenho real (ver figura 47).

Figura 47. Representação do esquema de atuação do aluno no Projeto Integrador.



Fonte: Costa (2018) – Adaptado

O método aplicado no projeto integrador foi a Modelagem Bifocal. Utilizando esta abordagem os alunos projetam e desenvolvem seu próprio experimento a partir da coleta dados. Ao mesmo tempo, eles projetam e desenvolvem um modelo virtual do mesmo fenômeno. O objetivo principal é construir um modelo virtual cujo comportamento corresponda

aos dados físicos coletados e que assim eles possam comparar o comportamento do modelo virtual e do modelo físico em tempo real.

Destacamos que as atividades obedecem a um alinhamento planejado e coerente, e que o sucesso no alcance dos objetivos de aprendizagem depende de maneira decisiva do empenho individual de cada aluno. Explicamos também aos alunos que a participação de cada aluno no PI seria avaliado de forma a somar pontos em cálculo de média aritmética para o Segundo Bimestre letivo.

Regulamento para construção do modelo físico proposto no PI

Para estruturar e dimensionar uma máquina de elevação tipo Grua, se faz necessário o uso de algumas NBRs (Norma Brasileira Aprovada pela ABNT) por exemplo a NBR 8400/1984 que descreve a utilização e a capacidade de carga do projeto. A escolha do projeto Grua se deu pelo baixo custo dos materiais, juntamente com a percepção da possível integração das disciplinas envolvidas. O regulamento do projeto foi decidido em reunião entre professores envolvidos e coordenação do curso, sendo apresentados aos alunos pelo professor orientador autor deste trabalho.

Os parâmetros e critérios iniciais abordados para montagem e a sequência das ações foram:

- A decisão das primeiras diretrizes para início de projeto, como a carga a ser suspensa (3 kg), altura de elevação da carga (50 cm) e possível rotação da carga (360 graus);
- Decisão de dimensionamento da base e da torre treliçada;
- Escolha do material, custo e locação desses equipamentos;
- Produção do protótipo e início do acabamento;
- Automação da grua com uso.
- Apresentação do projeto.

Desenvolvimento do Projeto Integrador

Segundo a proposta de Bender, a ABP pode ser implementada tanto em iniciativas que envolvam diversos professores como naquelas de caráter individual e, portanto, disciplinares. O quadro 3.3 mostra fases do projeto, assim como a metodologia aplicada a cada fase.

Quadro 2: Desenvolvimento do Projeto.

Planejar e introduzir o Projeto		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Apresentar a ideia âncora à turma; (Definida no quadro 2.3)	Foram utilizadas pequenas narrativas e trechos de vídeos para apresentar a ideia âncora;	Desenvolver a questão motriz com os alunos;
Apresentar a questão motriz; (Definida no quadro 2.3)	O projeto foi exposto de maneira dialogada envolvendo a turma toda.	Os alunos foram motivados e orientados de forma determinada, com informações específicas necessárias para o desenvolvimento do projeto.
Planejar o projeto em equipes		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Dividir a turma em grupos;	Foram divididos dois grupos com o critério da afinidade;	Os grupos foram orientados a trabalharem de maneira eficaz, pois a atividade necessitava de bastante empenho dos mesmos;
Estabelecer parâmetros e metas gerais a serem seguidos pelos grupos;	Foi elaborado um cronograma, assim como, rubricas de avaliação para análise dos resultados do projeto;	Foi informado aos alunos o objetivo a ser alcançado, assim como, tempo disponível para a sua execução, de forma que os alunos concentrassem seus esforços de maneira produtiva.
Encorajar e orientar os grupos no estabelecimento de metas específicas e linhas de tempo baseado nas metas gerais estabelecidas.	Ocorreram orientações verbais, assim como, via grupo social (<i>WhatsApp</i>), com o objetivo de desenvolverem melhor seus planejamentos.	O desenvolvimento dos planejamentos em grupo favoreceu a adequada utilização do tempo disponível à realização do projeto. No contexto da ABP isso é fundamental pois “os alunos dirigem uma quantidade muito maior de seu tempo de ensino do que nas aulas tradicionais” (BENDER, 2014, p. 108)
Avaliar o projeto e os alunos		
Subtítulo da tarefa	Tarefa	Subtarefa
Promover uma avaliação formativa.	Foram produzidas rubricas de avaliação das atividades realizadas, bem como, fichas avaliativas para serem usadas na apresentação oral a banca Avaliadora.	As rubricas foram compartilhadas com os alunos à medida que as tarefas de ABP forem realizadas.

Fonte: Adaptado de Pasqualetto (2018).

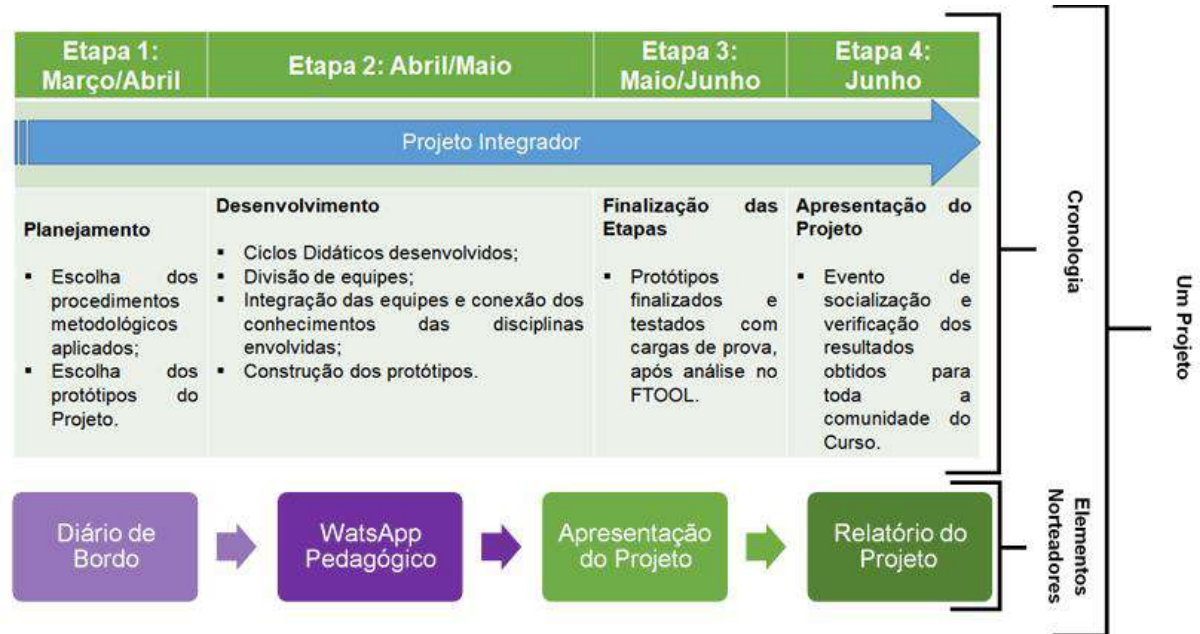
Elementos Norteadores e Avaliativos do PI

Durante o desenvolvimento do PI, foram introduzidas ferramentas metodológicas e avaliativas, que nortearam as ações de todas as atividades do projeto. Algumas delas foram primordiais para a coleta de dados. São elas: (*Diário de Bordo*, *WhatsApp Pedagógico*, *Ficha avaliativa de Apresentação e Relatório*). Todas elas foram desenvolvidas com muito engajamento pelos alunos.

- No Diário de Bordo o professor orientador do projeto deverá conter o registro das atividades desenvolvidas ao longo do processo de orientação do PI dos estudantes, desde o momento de discussão de temas, passando pelos momentos de reuniões, avaliações e apresentação do projeto.
- Foi utilizado também como modalidade avaliação o WhatsApp Pedagógico em grupo específico do PI. A troca de informações entre alunos e professor orientador favoreceu significativamente o esclarecimento de dúvidas sobre etapas do processo. Segundo Costa (2007), destaca que o professor deve aproveitar as potencialidades do celular, como um importante recurso pedagógico, tendo em visto que essa tecnologia móvel está presente na vida de todos os educandos.
- Ficha avaliativa de Apresentação do PI em que servirá para a banca avaliadora, composta por professores da área técnica e área comum, fazer análise das regras de desenvolvimento da atividade, materiais obrigatórios e apresentação do trabalho oral.
- Relatório que deverá ser analisado de forma a conter: justificativa, objetivos, materiais e métodos, cálculos da estrutura, resultados e discursões como também as conclusões.

Em síntese o PI pode ser analisado através da figura 48, visto que a mesma mostra de maneira clara e simples a cronologia do projeto, assim como, seus elementos norteadores.

Figura 48. Ilustração dos elementos norteadores do Projeto Integrador (PI)

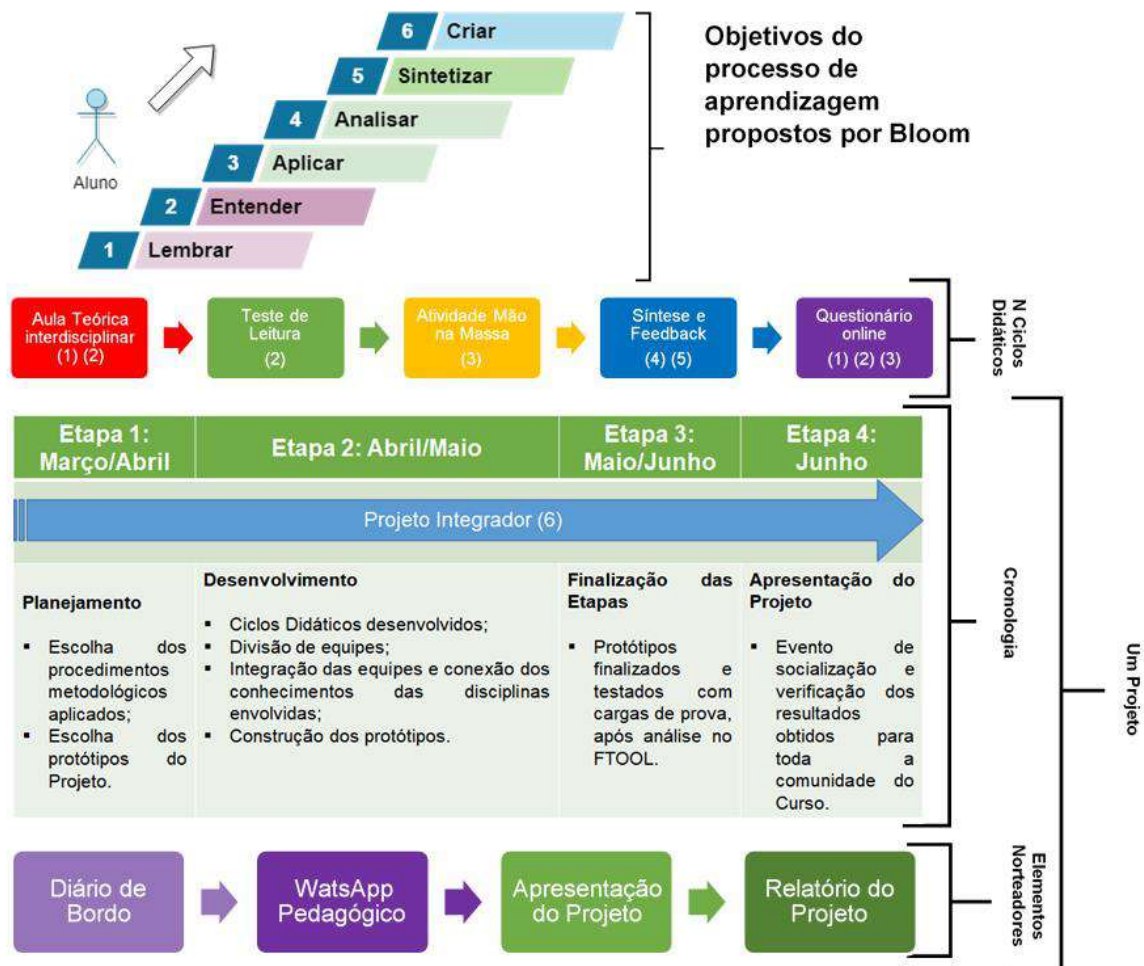


Fonte: Autor

Integração das atividades do Projeto

A figura 49 ilustra como cada etapa proposta na sequência didática se relaciona e busca alcançar níveis distintos e identificáveis da taxonomia de Bloom (FERRAZ, 2010). A figura 49, ilustra também o conjunto articulado com CDDCHs e PI.

Figura 49. Elementos da Sequência Didática e PI, correlacionados com os níveis cognitivos propostos por Bloom.



Fonte: Autor

Cada etapa da sequência é expressa pela sua nomenclatura e por cores e números que indicam o nível de domínio cognitivo que almejamos trabalhar com os alunos na etapa em questão.

Na mesma figura, nas setas horizontais encadeadas à direita, os números entre parênteses indicam o nível cognitivo a ser alcançado na etapa em questão. Por exemplo: o teste de leitura trabalha com o primeiro nível cognitivo de Bloom (conforme já explicado no texto); a atividade mão na massa pleiteia atingir os níveis 4 e 5, e o projeto integrador, sendo a atividade de maior complexidade, intenciona alcançar o mais alto nível da escala (nível 6) quando todas as etapas da atividade são cumpridas a contento.

Para melhor esclarecimento das atividades desenvolvidas no Projeto Integrador (PI), o leitor vai encontrar abaixo a descrição das atividades realizadas em todas as fases de construção da Grua como um todo.

Descrição das atividades do PI

Para a iniciação da atividade foi apresentado aos alunos alguns modelos de estrutura, que serviriam de guia para confecção da grua, mas ambos seguiam as mesmas medidas de base de 90cm e com uma estrutura de sustentação de 1m. Ficou decidido em reunião com todos envolvidos no projeto que cada uma das equipes utilizaria um dos formatos expostos. Os modelos estão expostos nas figuras 50. É relevante destacar que um dos formatos possui vãos mais abertos e com menos complexidade de manipulação.

Figura 50. Formatos de estruturas



Fonte: Autor

Materiais utilizados

Após apresentação dos modelos de montagem da estrutura, foi detalhada a relação de materiais utilizados para cada etapa de atividade, como por exemplo: o palito de picolé, roldanas plástica, cabo de aço, bases de madeira para adaptação de rolamentos, parafusos, rolamento de motocicleta biz, cola para moveis, trena, e alguns materiais de MDF, como a base de que serviria para receber o concreto para a sustentação da grua como mostra as figuras abaixo.

Figura 51. Bases de madeiras / eixo de rotação.



Figura 52. Arruelas e porcas.



Figura 54. Parafuso de aço.



Figura 55. Varal de aço revestido com PVC. **Figura 56.** Roldana Plástica.

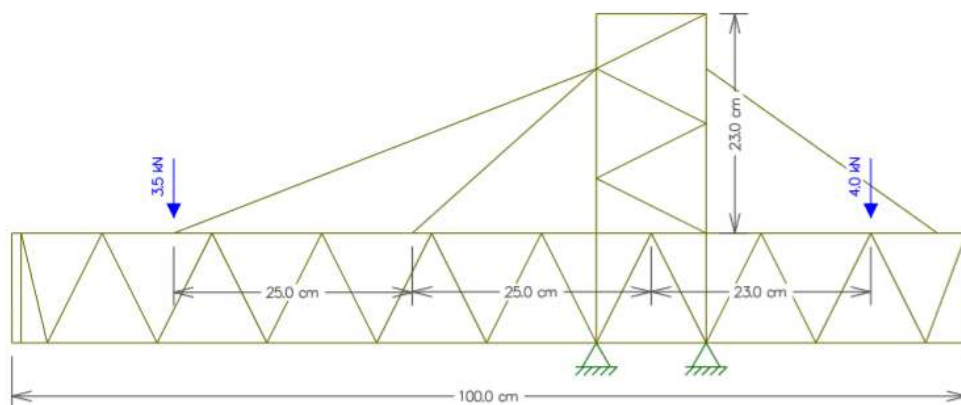


Fonte: Autor

Manipulação no programa gráfico para descrição do comportamento da estrutura (FTOOL)

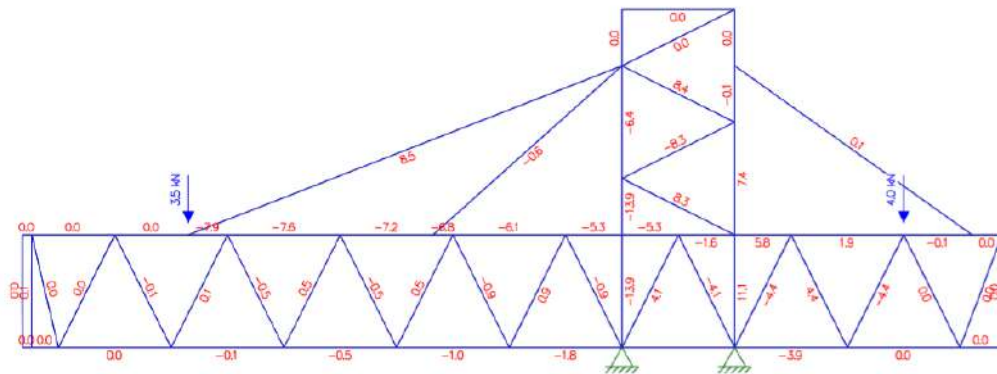
Após o detalhamento dos materiais e do formato da estrutura já selecionada, as atividades se direcionaram para o laboratório de informática do IFPA, onde foram desenvolvidas as plásticas de construção da estrutura no programa FTOOL, e realizado também levantamentos das medidas dos palitos e as possíveis forças que seriam estimuladas após a finalização da grua (ver figuras mostradas abaixo). O palito escolhido pelas equipes tinha a altura de 115 mm, medida constatada através da utilização do paquímetro. As figuras abaixo se referem a um dos modelos de treliças utilizados na grua.

- Figura: 58. Análise da estrutura e confecção do diagrama de corpo livre:



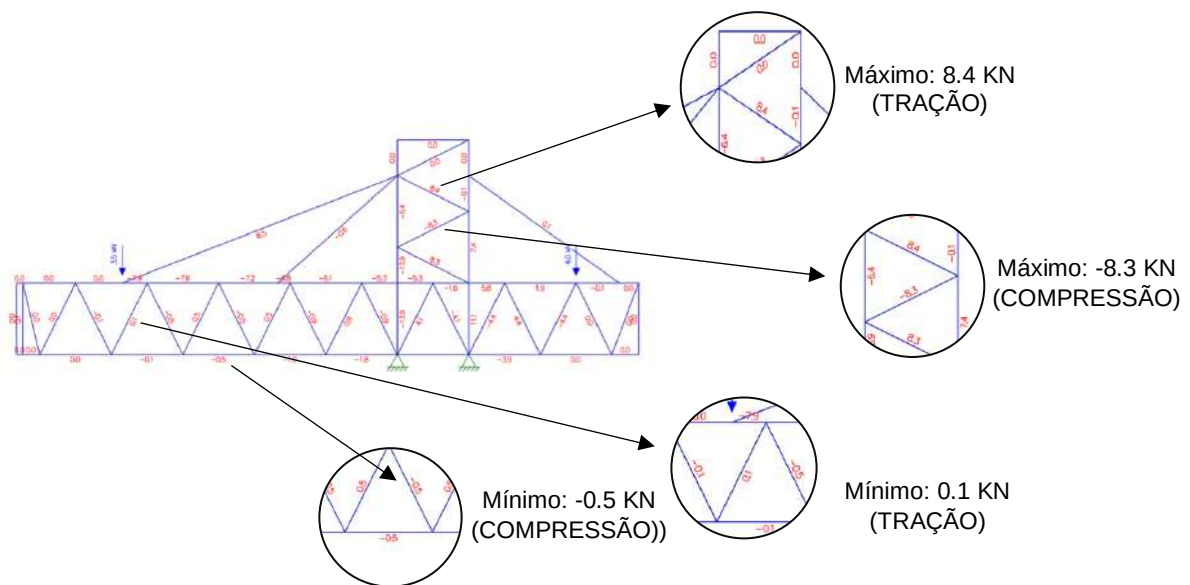
Fonte: Autor

- Figura 59. Esforços de tração e compressão nas barras da treliça:



Fonte: Autor

- Figura 60. Valores máximo e mínimo da sollicitações das barras:



Fonte: Autor

Resolução do dimensionamento dos valores máximo e mínimo a seção admissível para as cargas do projeto

Calculo do valor máximo de tração: 8.4 kN/ Madeira brandas (60 kg/cm²).

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf} &= 10 \text{ N} \\ x &= 8.4 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma}$$

$$A = \frac{0.84 \text{ kgf}}{60 \text{ kgf/cm}^2} = 0.014 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} 10x &= 8.4 \\ x &= \frac{8.4}{10} \\ x &= 0.84 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$A = \frac{0.014 \text{ cm}^2}{0.072 \text{ cm}^2} = 0.19$$

Calculo do valor mínimo de tração: 0.1kN/ Madeira brandas (60kg/cm²).

$$\begin{array}{lcl}
 \begin{array}{l} 1 \text{ kgf} - 10 \text{ N} \\ x - 0.1 \end{array} & \sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma} & A = \frac{0.01 \text{ kgf}}{1.666 \text{ cm}^2} = \\
 & & 60 \text{ kgf/cm}^2 \\
 10x = 0.1 & & \\
 x = \frac{0.1}{10} & & A = \frac{1.666 \text{ cm}^2}{0.072 \text{ cm}^2} = 23.13 \\
 x = 0.01 \text{ kgf} & &
 \end{array}$$

Calculo do valor máximo de compressão: -8.3kN/ Madeira brandas (50kg/cm²).

$$\begin{array}{lcl}
 \begin{array}{l} 1 \text{ kgf} - 10 \text{ N} \\ x - -8.3 \end{array} & \sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma} & A = \frac{-0.83 \text{ kgf}}{50 \text{ kgf/cm}^2} = -0.016 \text{ cm}^2 \\
 & & \\
 10x = -8.3 & & A = \frac{-0.016 \text{ cm}^2}{0.072 \text{ cm}^2} = -0.22 \\
 x = \frac{-8.3}{10} & & \\
 x = -0.83 \text{ kgf} & &
 \end{array}$$

Calculo do valor mínimo de compressão: -0.5kN/ Madeira brandas (50kg/cm²).

$$\begin{array}{lcl}
 \begin{array}{l} 1 \text{ kgf} - 10 \text{ N} \\ x - -0.5 \end{array} & \sigma = \frac{F}{A} \quad A = \frac{F}{\sigma} & A = \frac{-0.05 \text{ kgf}}{50 \text{ kgf/cm}^2} = -0.001 \text{ cm}^2 \\
 & & \\
 10x = -0.5 & & A = \frac{-0.001 \text{ cm}^2}{0.072 \text{ cm}^2} = -0.01 \\
 x = \frac{-0.5}{10} & & \\
 x = -0.05 \text{ kgf} & &
 \end{array}$$

Processo de fabricação

Com todas as informações garantidas, os alunos iniciaram o processo de fabricação. Uma mesa, régua e suporte de ficção foi utilizada para manter os palitos em uma simetria para que ocorresse a secagem da cola e os mesmo não perdesse a reta, do formato escolhido. O processo se repetiu por 8 vezes, formando 8 faces colados um a um, 4 dessa com medidas de 90 cm de altura, e as demais com 1m de altura. Por seguinte, após secagem as faces foram fixadas, formando 2 estruturas com seções quadrada, uma estrutura para a base e outra para a rotação da grua, como mostrado nas figuras abaixo.

Figura 61. Palitos sendo colados.

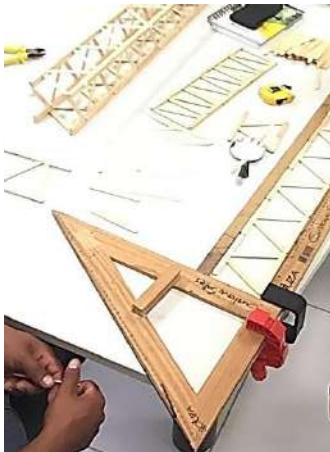


Figura 62. Moldes de guia para montagem.



Figura 63. Fabricação da base.



Fonte: Autor

Resultados da primeira etapa de montagem das estruturas treliçadas

Com a colagem dos palitos, 8 faces da estrutura foram confeccionadas, formando 2 bases conforme a figura 64. Foram utilizadas braçadeiras para manter a ficção dos lados, e como resultado da primeira etapa, a equipe realizou com sucesso conforme expectativas.

Figura 64. Estruturas nas etapas finais de secagem.



Fonte: Autor

Fixação de bases para sustentação de roldanas e para circulação de cabos

Com a primeira etapa concluída, as atividades partiram para a fixação de bases para segurar as roldanas que permitirá a circulação dos cabos entre a grua Figura 65. Foram utilizada uma furadeira, alicate e chave de boca para porcas. Para a distribuição das roldanas de plástico na grua, foram verificados $\frac{1}{3}$ e $\frac{2}{3}$ da medida da estrutura de 1m, e ficaram representadas pelos valores de 0,33 ($\frac{1}{3}$) e 0,66 ($\frac{2}{3}$),

garantindo o centro para manter o equilíbrio entre as forças que seriam aplicadas. Por seguinte, a partir do centro da mesma entre o intervalo de 0,66 cm, foram acopladas as roldanas com distâncias de 25cm cada, além dos cabos de aço.

Figura 65. Estruturas com as roldanas.



Fonte: Autor

Resultado da segunda etapa de união das estruturas (lança e torre)

Após a fixação das roldanas e cabos figura 66, as equipes alcançaram êxito nas duas estruturas, foram realizados alguns testes com um peso no intervalo $1/3$ da estrutura, e a mesma resistiram às expectativas de início.

Figura 66. Vista frontal das estruturas sobre o eixo de rotação.



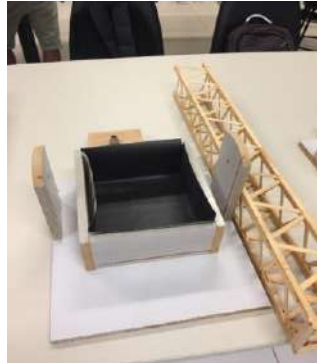
Fonte Autor

Confecção da base da grua

Com todas as etapas finalizadas, o passo seguinte foi confeccionar uma base para sustentação e equilíbrio da grua (Figura 67). Os materiais utilizados nesse

processo foram peças de MDF, barra de ferro com rosca e uma manivela. Essa base será para o recebimento do concreto.

Figura 67. Base para a concretagem com vedação improvisada.



Fonte: Autor

Dosagem da base

Para a dosagem foram utilizados cálculos do aplicativo *Construcal*, com os seguintes dados: brita 5,24 kg, areia 6,52 kg, cimento 2,13 kg, água 1,20 L Figuras (68, 69 e 70).

Figura 68. Areia.



Figura 69. Brita.



Figura 70. Cimento.



Fonte: Autor

Mistura

Durante o processo de dosagem e mistura dos componentes para a concretagem foram adicionado mais 400g de cimento e também 200 ml de água mostrado na figura 71.

Figura 71. Mistura dos componentes da concretagem.



Fonte: Autor

Plataforma Vibratória – Laboratório de Edificações

Após a mistura a base foi levada até a plataforma vibratória, mostrada na figura 72 para garantir a homogeneidade do mesmo. Foi utilizado nível de mão e prumo, para manter a estrutura reta e sem inclinações.

Figura 72. Plataforma vibratória-laboratório edificações IFPA.



Fonte: Autor

Os alunos fizeram também o cálculo de dosagem do concreto usado na base da grua, que serve para determinar as proporções dos materiais a serem empregados.

a) Cálculo de resistência de dosagem

$$FCJ = FCK + 1,65 \cdot SD$$

$$FCJ = 25 + 1,65 \cdot 7$$

$$FCJ = 25 + 11,55$$

$$FCJ = 36,55 \text{ mpa}$$

b) Determinação da relação água/ cimento

$$x = \frac{a}{c}$$

$$0,47 = \frac{a}{50}$$

$$a = 50 * 0,47$$

$$a = 23,5$$

$$FCJ = \frac{A}{B}$$

$$36,55 = \frac{114,30}{11,80}$$

$$11,80^x = \frac{114,30}{36,55}$$

$$11,80^x = 3,13$$

$$\log 11,8^x = \log 3,13$$

$$1,07x = 0,50$$

$$x = \frac{0,5}{1,07}$$

$$x = 0,47$$

c) Determinação da quantidade de agregados

Determinação da relação água/ materiais secos (A%)

A% = Água/ (Pcimento + Pagregados)

d) Traço em peso

A% = Água/ (Pcimento + Pagregados)

$$0,11 = \frac{23,5}{(50 + \text{Pagregado})}$$

$$5,5 + 0,11 \text{ Pagregados} = 23,5$$

$$0,11 \text{ Pagregados} = 23,5 - 5,5$$

$$0,11 \text{ Pagregados} = 18$$

$$\text{Pagregados} = \frac{18}{0,11}$$

$$\text{Pagregados} = 163,64$$

65% agregado graúdo

35% agregado miúdo

agregado	%
163,64	100
x	65
100x = 65 * 163,64	
100x = 10636,6	
x = $\frac{10636,6}{100}$	
x = 106,37 kg	
agregado graúdo = 163,64 - 106,37	
agregado miúdo = 57,27 kg	

Traço para um saco de cimento de 50 kg

1: 57,27: 106,37: 23,5 18

Traço para 1 kg de cimento

1: 1,15: 2,13: 0,47

e) Correção de água

$$A = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$

$$0,05 = \frac{Ph - 57,27}{57,27}$$

$$0,05 * 57,27 = Ph - 57,25$$

$$2,86 = Ph - 57,25$$

$$Ph = 57,25 + 2,86$$

$$Ph = 60,13 \text{ kg}$$

Traço em peso para um saco de cimento, umidade 5%

1: 60,13: 106,37: 20,64

Traço em peso para 1 kg de cimento, umidade 5%

1: 1,20: 2,13: 0,41

Resultado final

Contudo, após todas as etapas concluídas a grua foi finalizada com sucesso, suportando ao peso de 3 kg acordada entre os professores e alunos envolvidos. Abaixo na figura 73 é mostrado as duas gruas finalizadas.

Figura 73. Gruas finalizadas



Fonte: autor

A grua resistiu aos testes iniciais e testes oficiais assistidos pelos examinadores e classes visitantes. Suportando o peso na apresentação de 800g, e 2 kg e completando com um giro de 360°, sem sofrer ruína.

Apêndice A: Lâminas de apresentação da SD

Ciclo 1

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Física Ensino Médio Leis de Newton

Isaac Newton

Trouxe grande contribuição para a humanidade com seu estudo nas mais diversas áreas da Ciência, principalmente em Física e Matemática.

Nascido em 1642, mesmo ano da morte do Físico Galileu Galilei, em Woolsthorpe, Lincolnshire, localizada na Inglaterra. Além de Física e Matemática, ele estudou Filosofia, Astronomia, Astrologia, Alquimia, Teologia, entre outras Ciências.



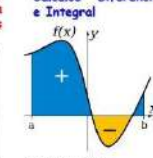
Vamos começar esse estudo fazendo algumas perguntas ...

1. Por que, quando um ônibus freia ou acelera, somos "empurrados" para frente ou para trás?
2. Por que precisamos utilizar o cinto de segurança quando estamos no carro?
3. Como é possível retirar um papel debaixo de uma garrafa sem tirá-la do lugar?
4. Por que não é possível uma pessoa se erguer puxando o seu próprio cabelo?

Mas antes de responder, precisaremos conhecer alguns conceitos fundamentais da Física ...

Dentre os muitos trabalhos que Isaac Newton elaborou, podemos citar:

1. O desenvolvimento da Lei da Gravitação Universal
2. O estudo sobre os Fenômenos Ópticos que possibilitaram a elaboração da teoria sobre a cor dos corpos
3. A criação e o desenvolvimento dos Cálculos Diferencial e Integral
4. O Binômio de Newton
5. O estudo das Leis dos movimentos (As Leis de Newton - as quais estudaremos agora)



Força

Qualquer agente capaz de produzir num corpo uma aceleração e/ou uma deformação.



Onde estão as Forças?

Elas estão presentes em todas as situações cotidianas. Até mesmo onde você nem imagina. Sempre há um tipo de força envolvida num fenômeno.

Dinamômetro

Instrumento utilizado para medir força.



Forças Fundamentais da Natureza

Na Natureza, existem apenas quatro tipos de forças, listadas abaixo em ordem decrescente de intensidade.

1. **Força Nuclear Forte:** Força responsável por manter o núcleo do átomo coeso.
2. **Força Nuclear Fraca:** Força que cinde (separa, reparte) as partículas.
3. **Força Eletromagnética:** Força de interação entre partículas que possuem carga elétrica.
4. **Força Gravitacional:** Força de interação entre corpos que possuem massa.

Classificação das Forças

Forças de Contato: São forças que surgem no contato de dois corpos.



Ex.: Quando puxamos/empurramos um corpo.

Classificação das Forças

Forças de Campo: São forças que atuam a distância, dispensando o contato.



Ex.: Ímã e um metal; o satélite e a Terra.

As Leis da Dinâmica



Sir Isaac Newton 1642 - 1727

Principia Mathematica Philosophiae Naturalis.

1ª Lei de Newton: LEI DA INÉRCIA

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele".

(Isaac Newton - Principia)



Inércia

A **INÉRCIA** consiste na tendência natural que os corpos possuem em manter sua velocidade constante (Manter o seu estado de equilíbrio – Repouso ou M.R.U.).

<http://www.monica.com.br/comics/tirinhas/images/tira91.gif>

A grandeza física que mede a quantidade de inércia de um corpo se chama **MASSA**.



Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.)

Segundo Aristóteles, o movimento de um corpo não é um estado natural. Para que ele ocorra, é necessária a ação de uma força.



Galileu (1564 d.C. - 1642 d.C.)

Segundo Galileu, inércia consiste na tendência natural que os corpos possuem em manter velocidade constante.

Observe as tirinhas a seguir ...

<http://www.cepa.ufsp.br/efisica/magena/mecanica/universitario/cap10/qarfieldin3.jpg>

<http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTwwFTT1T4Z3wueTMPY49yqIVeZ9HsEQqEJxqq2T7VUAC2>

<http://www.cepa.ufsp.br/efisica/magena/mecanica/universitario/cap10/qarfieldin4.jpg>



Algumas situações em que a Lei da Inércia aparece

A importância do cinto de segurança



Num choque frontal, os ocupantes de um carro, por causa da inércia, tendem a continuar em movimento, em relação à pista e podem, eventualmente, se chocar contra o para-brisa, o volante. O cinto de segurança tem a finalidade de, nessas situações, aplicar força ao corpo do passageiro, diminuindo a sua velocidade.

De acordo com a Lei da Inércia...

Força é o agente que altera a velocidade do corpo, vencendo assim a tendência natural de manter seu estado de equilíbrio (INÉRCIA).

$$\vec{F}_R = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = \text{constante} \begin{cases} \text{repouso} \\ \text{ou MRU} \end{cases}$$

Todo corpo em equilíbrio mantém, por inércia, sua velocidade constante.

Referenciais Inerciais

A primeira lei de Newton não faz distinção entre um corpo estar em repouso ou em movimento uniforme (velocidade constante). O fato de o corpo estar em um ou em outro estado depende do referencial (sistema de coordenadas) em que o corpo é observado.



Como você explicaria o fenômeno a seguir?



Referencial Inercial

1. O referencial só é considerado INERCIAL se estiver em EQUILÍBRIO, ou seja, não possuir aceleração, quer dizer, ou está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).

2. As Leis de Newton somente são válidas para referenciais inerciais!

3. Quando os movimentos tiverem grande duração e se exigir precisão, adota-se a como referencial inercial o "referencial estelar", que se utiliza de estrelas cujas posições têm sido consideradas invariáveis durante anos de observação ("estrelas fixas no céu").



Atenção

Consideremos a seguinte situação.

Se nos pusermos em cima de uma balança dentro de um elevador subindo, os nossos pés exercerão uma pressão maior sobre a balança – esta registrará um peso superior ao medido com a balança no chão (figura a, ao lado). No entanto, o mesmo aconteceria se, de alguma forma, a gravidade se tornasse mais forte num elevador parado.

Num elevador desce acelerado, sentiremos a gravidade mais fraca (figura b, abaixo).



Imponderabilidade

Numa conferência em Kyoto em 1922, Einstein descreveu um momento de inspiração que teve em 1907: "Encontrava-me sentado no gabinete de patentes em Berna, quando, de repente, me ocorreu um pensamento: se uma pessoa cair livremente, não sentirá o seu próprio peso. Fiquei surpreso. Esse simples pensamento causou-me uma profunda impressão. Levou-me a elaborar a teoria da gravitação."



2ª Lei de Newton:

"Princípio Fundamental da Dinâmica"

"A mudança do estado de movimento de um corpo é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força foi imprimida" (Isaac Newton - Principia)

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

$$F = 1\text{ N} \quad m = 1\text{ kg} \quad a = 1\text{ m/s}^2$$



A força de 1N aplicada em um corpo de 1kg provoca aceleração de 1m/s²

Percebemos que **Massa e Aceleração** são grandezas inversamente proporcionais

A força que a mão exerce acelera a caixa		A força que a mão exerce acelera a caixa	
Duas vezes a força produz uma aceleração duas vezes maior		A mesma força sobre uma massa duas vezes maior causa metade da aceleração	
Duas vezes a força sobre uma massa duas vezes maior produz a mesma aceleração original		Sobre uma massa três vezes maior, causa um terço da aceleração original	

26

Alguns exemplos de Ação e Reação



Imagem: Danella / GND Free Documentation License



Imagem: Andy English / Oesliu Commons Attribution 3.0 license



Imagem: Nasser Nashed / GND Free Documentation License

Vamos Exercitar?

Exemplo 02 Resolução

Unifesp

Suponha que um comerciante inescrupuloso aumente o valor assinalado pela sua balança, empurrando serratamente o prato para baixo com uma força F de módulo 5,0 N, na direção e sentido indicados na figura.

Com essa prática, ele consegue fazer uma mercadoria de massa 1,5 kg medir por essa balança como se tivesse massa de:

Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$

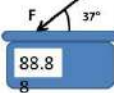
$\cos 37^\circ = 0,80$

$G = 10 \text{ m/s}^2$

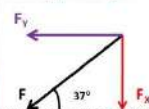
a) 3,0 kg d) 1,8 kg

b) 2,4 kg e) 1,7 kg

c) 2,1 kg



Fazendo a decomposição da força, temos que:



A força F_y é a única que pode contribuir para alterar a leitura da balança. Vamos calcular o valor de F_y .

$$\sin 37^\circ = \frac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin 37^\circ$$

$$F_y = 5,0 \cdot 0,6 \rightarrow \boxed{F_y = 3,0 \text{ N}}$$

A leitura da balança será influenciada pela ação da força peso P da mercadoria e da força F_y , pois ambas atuam na vertical para baixo. É claro que essas duas forças darão origem a um peso aparente.

$$P_{\text{aparente}} = P + F_y$$

$$P_{\text{aparente}} = m \cdot g + F_y$$

$$P_{\text{aparente}} = 1,5 \cdot 10 + 3,0$$

$$P_{\text{aparente}} = 15 + 3,0 = 18 \text{ N}$$

Para um peso aparente de 18 N e uma aceleração da gravidade de 10 m/s^2 , a massa aparente registrada na balança será:

$$P_{\text{aparente}} = m_{\text{aparente}} \cdot g$$

$$18 = m_{\text{aparente}} \cdot 10$$

$$m_{\text{aparente}} = \frac{18}{10}$$

$$\boxed{m_{\text{aparente}} = 1,8 \text{ kg}}$$

Resposta: **LETRA D**

3ª Lei de Newton:

LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

"A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas".
(Isaac Newton - Principia)

Observações:

1. O par ação/reação nunca se equilibra, pois as forças atuam em corpos diferentes.
2. O par aparece instantaneamente, então qualquer uma das forças pode ser ação ou reação.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

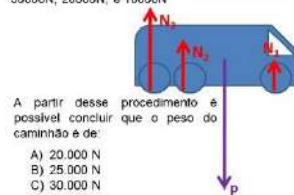
As tirinhas abaixo mostram situações bem interessantes sobre a 3ª Lei de Newton. Analise-as e comente sua veracidade.

<http://aprendafisica.hdfree.com.br/leisde5.jpg>

<http://www.monica.com.br/comics/tirinhas/images/tira137.gif>

Exemplo 01

Na pesagem de um caminhão, no posto fiscal de uma estrada, são utilizadas três balanças. Sobre cada balança são posicionadas todas as rodas de um mesmo eixo. As balanças indicaram 30000N, 20000N, e 10000N



A partir desse procedimento é possível concluir que o peso do caminhão é de:

- A) 20.000 N
B) 25.000 N
C) 30.000 N
D) 50.000 N
E) 60.000 N

Resolução

Como o caminhão está em repouso, a força resultante que atua sobre ele é nula.

$$P = N_1 + N_2 + N_3$$

$$P = 10.000 + 20.000 + 30.000$$

$$\boxed{P = 60.000 \text{ N}}$$

Exemplo 03

Uma pessoa idosa de 68 kg, ao se pesar, o faz apoiada em sua bengala. Com a pessoa em repouso, a leitura da balança é de 650 N. Considere $g=10\text{m/s}^2$

- Calcule o módulo da força que a balança exerce sobre a pessoa e determine sua direção e seu sentido
- Supondo que a força exercida pela bengala sobre a pessoa seja vertical, calcule o seu módulo e determine seu sentido

a) A leitura da balança, 650N, é o valor da força normal que ela exerce sobre o idoso. A direção é vertical e o sentido é para cima.

b) O peso do idoso pode ser calculado pela relação:

$$P = m \cdot g$$

$$P = 68 \cdot 10$$

$$P = 680\text{N}$$

Parte da força que o idoso exerce sobre a balança é aliviada pelo apoio exercido pela bengala no chão. O módulo da força que a bengala exerce sobre o idoso pode ser calculado da seguinte forma:

$$P = N + F_{\text{bengala}}$$

$$680 = 650 + F_{\text{bengala}}$$

$$F_{\text{bengala}} = 30\text{N}$$

Vertical para cima

Extras

EXTRAS

VIDEO DO YOUTUBE

ISAAC NEWTON - O MAIOR GÊNIO DA HISTÓRIA

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=LWMGxNQU28E&feature=related>

SIMULAÇÃO

Simulações on-line no ensino de Física

Link: http://nautilus.fis.uc.pt/personal/antonioim/applets_pagina/dinamica.htm

LABORATÓRIO VIRTUAL

Faixa de Ciências

Link: <http://www.feiradeciencias.com.br>

EXPERIÊNCIAS/ EXPERIMENTOS

Inércia (Deixe-me estar como estou)

Link: http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_01.asp

INTERAÇÃO ENTRE CORPOS (Ação e reação)

Link: http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_03.asp

Modelo de Foguete (3ª lei de Newton, Quantidade de movimento e impulso)

Link: http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_04.asp

Bibliografia

- BENIGNO, Barrato Filho; XAVIER, Cláudio da Silva. **Física aula por aula**. 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 2010. vol. 01
- GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. São Paulo: Editora Ática, 2011. Vol. 01.
- GUALTER, HELOU; NEWTON. **Física**. Vol. 01. São Paulo: Editora Saraiva, 2011.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. 1. ed. São Paulo: Editora Scipione, 2011. vol. 01.
- <<http://educar.sc.usp.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://pt.wikipedia.org>> Acesso em 25/05/2012.
- <http://www.ciencia-cultura.com/Pagina_Fis> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.coladaweb.com/fisica>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.fisica.ufs.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.fisicafacil.pro.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.if.ufrj.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.infoescola.com/fisica>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.mundoeducacao.com.br>> Acesso em 25/05/2012.
- <<http://www.sofisica.com.br/conteudos>> Acesso em 25/05/2012.

Ciclo 2

Ciências da Natureza e suas
Tecnologias - FísicaEnsino Médio
Estática – Parte 1

Arquimedes de Siracusa (287 a.C. - 212 a.C.) foi um dos maiores matemáticos da Antiguidade. Ele é também considerado por alguns historiadores como o pai da Mecânica. Introduziu, no estudo da estática e da hidrostática (estudo dos sistemas fluidos em equilíbrio), o que chamamos hoje de método científico, aliando em certo sentido o empirismo à formulação das leis e demonstrações de teoremas, usando conceitos de geometria e da álgebra.

Figura: Arquimedes de Siracusa (287 a.C. - 212 a.C.), o precursor dos princípios matemáticos aplicados à física natural.



Os trabalhos importantes de Arquimedes, na mecânica, foram publicados em dois livros: *Sobre o Equilíbrio dos Planos* (dois volumes) e *Sobre os Corpos Flutuantes*. No primeiro, Arquimedes desenvolve princípios básicos da Estática, entre os quais se incluem as "leis da Alavanca", e discute a determinação do centro de gravidade dos corpos.

Método das projeções

Considere um ponto material sob a ação de um sistema de forças $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$. Adote um sistema cartesiano situado no plano das forças. Sendo a resultante nula ($\vec{F}_R = \vec{0}$), discorde para suas projeções nos eixos x e y são nulas ($F_{Rx} = 0$ e $F_{Ry} = 0$). Sendo $F_{F_1}, F_{F_2}, \dots, F_{F_n}$ e $F_{F_1}, F_{F_2}, \dots, F_{F_n}$ as projeções de $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ nos eixos x e y , respectivamente, de acordo com o que vimos na seção 10.1 deste capítulo, resulta:

$$\vec{F}_R = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} F_{Rx} = 0 \text{ ou } F_{F_1} + F_{F_2} + \dots + F_{F_n} = 0 \\ F_{Ry} = 0 \text{ ou } F_{F_1} + F_{F_2} + \dots + F_{F_n} = 0 \end{cases}$$

Se um ponto material sujeito à ação de um sistema de forças estiver em equilíbrio, as somas algébricas das projeções dessas forças sobre dois eixos perpendiculares e pertencentes ao plano das forças são nulas.



Quando um sistema de forças estiver em equilíbrio, as somas algébricas das projeções dessas forças sobre dois eixos perpendiculares e pertencentes ao plano das forças são nulas.

Portanto, o estudo de equilíbrio de um ponto material sob ação de um sistema de forças coplanares nos fornece duas equações escalares.

Introdução

A estática é uma área da Mecânica em que procuramos estudar as condições sob as quais podem ocorrer situações de equilíbrio em um sistema físico. Por sistema físico podemos entender desde uma partícula material (corpos de dimensão desprezível) até sistemas que envolvem vários corpos rígidos. Equilíbrio, como se sabe, é um conceito bastante abrangente, que, em geral, está associado ao conceito de imutabilidade ou, mais precisamente, de estabilidade. Na mecânica, esse conceito se refere à situação em que um corpo rígido - ou sistema de corpos rígidos - permanece em repouso (sem experimentar deslocamentos ou rotações) quando sob a ação de forças aplicadas a ele. O sistema se comporta de uma forma que ele aparenta ser imutável.

De acordo com Dugas em seu livro *A history of mechanics*, o primeiro livro de Mecânica, e um dos primeiros compêndios do que hoje denominamos ciências exatas, teria como título "Mecânica" (autor desconhecido) e nele são apresentados estudos sobre as máquinas simples, tema esse usualmente discutido na estática. Assim, essa teria sido a primeira área de interesse da mecânica, interesse esse reforçado algum tempo depois por Arquimedes ao empreender estudos sistemáticos da estática.



Equilíbrio de um ponto material

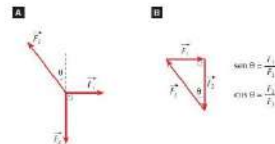
Um ponto material está em equilíbrio num dado referencial quando sua velocidade vetorial permanece constante com o tempo, ou seja, se a velocidade vetorial é constante, a aceleração vetorial é nula, e, de acordo com o princípio da Dinâmica, $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ concluímos:

A resultante do sistema de forças aplicadas a um ponto material em equilíbrio deve ser constantemente nula ($\vec{F}_R = \vec{0}$).

Método da linha poligonal das forças

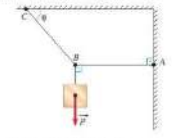
Resultante sendo nula, a linha poligonal das forças é fechada.

Na figura A, temos um ponto material P em equilíbrio sob ação de três forças. Na figura B, representamos a linha poligonal dessas forças, que é fechada.



exercícios resolvidos

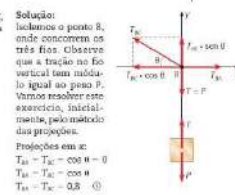
Determine as trações T nos fios ideais AB e BC, sabendo-se que o sistema está em equilíbrio na posição indicada. Dados: $P = 90 \text{ N}$; $\sin \theta = 0,6$; $\cos \theta = 0,8$.



Certo método de resolução é o da linha poligonal das forças, que deve ser fechada. No caso em questão, sendo um sistema estático, vem:

$$\begin{aligned} \text{sen } \theta = \frac{P}{T_{BC}} &= 0,6 = \frac{90}{T_{BC}} \Rightarrow T_{BC} = 150 \text{ N} \\ \cos \theta = \frac{P}{T_{AB}} &= 0,8 = \frac{90}{T_{AB}} \Rightarrow T_{AB} = 120 \text{ N} \end{aligned}$$

Resposta: $T_{BC} = 150 \text{ N}$; $T_{AB} = 120 \text{ N}$.



Solução:

Isolamos o ponto B, onde concorrem as três forças. Observe:

que a tração no fio vertical tem módulo igual ao peso P.

Vamos resolver esse exercício, inicialmente, pelo método das projeções.

Projeções em x:

$$T_{AB} - T_{BC} - \cos \theta = 0$$

$$T_{AB} - T_{BC} - 0,8 = 0$$

$$T_{AB} - T_{BC} = 0,8 \quad (1)$$

Projeções em y:

$$T_{AB} \sin \theta - P = 0$$

$$T_{AB} \sin \theta = P$$

$$T_{AB} \cdot 0,6 = 90 \Rightarrow T_{AB} = 150 \text{ N}$$

$$\text{Em (1), vem: } T_{AB} = 150 + 0,8 \Rightarrow T_{BC} = 120 \text{ N}$$

(UFRJ) Os antigos romanos foram os primeiros a usar extensivamente o arco arquitetônico em suas construções. A propriedade mais notável do arco é que as pedras que o compõem permanecem em equilíbrio devido somente às forças mútuas de contato, sem necessidade de argamassa para cimentá-las umas às outras.

Considere que o arco representado na figura abaixo está, desse modo, em equilíbrio e que cada uma de suas pedras pesa 150 N. Determine a direção e o sentido da resultante das forças que as pedras laterais D e E exercem sobre a pedra central C e calcule seu módulo.



Vamos
Exercitar?

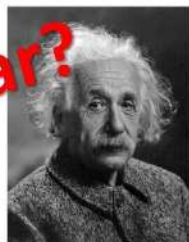


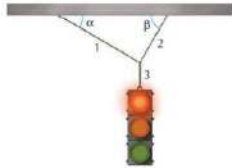
Imagem: Getty Images / Imagoeconomica / J. J. G. / J. J. G. / J. J. G.

(Vunesp) Um semáforo pesando 100 N está pendurado por três cabos conforme ilustra a figura. Os cabos 1 e 2 formam ângulos α e β com a horizontal, respectivamente.

a) Em qual situação as tensões nos fios 1 e 2 serão iguais?

b) Considerando o caso em que $\alpha = 30^\circ$ e $\beta = 60^\circ$, determine as tensões nos cabos 1, 2 e 3.

(Dados: $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$; $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$)



**Obrigado pela
Atenção!**

Bibliografia

- JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**, 10. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2014. vol. 01.
- MARQUES, Gil da Costa. **Mecânica Clássica para Professores**, São Paulo: Editora Edusp, 2014.

Ciclo 3

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Física

Ensino Médio

Estática – Parte 2



* O momento de uma força em relação a um ponto também é calculado sempre, e não apenas em relação a um eixo. Assim, se a força estiver perpendicular ao eixo, o momento é calculado em relação ao eixo. Se a força estiver inclinada, o momento é calculado em relação ao eixo perpendicular à força.

Momento de uma força em relação a um ponto

Objetivos
Correlacionar o momento de uma força.
Classificar o momento de uma força como positivo ou negativo.
Analisar o momento e a rotação de um corpo.
Apresentar a unidade de momento de uma força no Sistema Internacional de Unidades.

Termos e conceitos
- torque
- eixo
- braço
- ponto

Chama-se **momento**⁴ de uma força F aplicada num ponto P , em relação a um ponto O , o produto da intensidade F da força pela distância d do ponto O à linha de ação da força (fig. 1).

$$M_O = \pm Fd$$

Por convenção, o momento pode ser positivo ou negativo. Adota-se o sinal (+) se a força F tende a girar o segmento OP em torno de O no sentido anti-horário, e (-) no sentido horário.

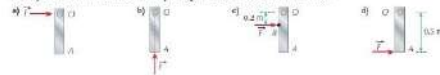
O ponto O é denominado **polo**, e a distância d , **braço**.

A unidade de momento no Sistema Internacional de Unidades (SI) é **newton x metro (N · m)**.



exercícios resolvidos

Uma barra OA situada num plano vertical, pode girar em torno do ponto de suspensão O. Determine o momento da força F da intensidade 10 N em relação ao ponto O nos casos indicados abaixo:



Solução:
Nas situações (a) e (b) os momentos são nulos, pois não há linha de ação da força F que passe pelo ponto O.
Observe agora como que a força F não tende a girar a barra OA em torno de O.
c) Da definição de momento, e observando que F tende a produzir rotação da OB em torno de O no sentido anti-horário, temos $M_O = -Fd$. Sendo $F = 10 \text{ N}$ e $d = 0,2 \text{ m}$, vem:

$$M_O = -10 \cdot 0,2 \Rightarrow M_O = -2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

d) Nesse caso, $d = 0,5 \text{ m}$. Portanto: $M_O = +Fd = 10 \cdot 0,5 \Rightarrow M_O = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$

Respostas: a) zero; b) zero; c) $-2 \text{ N} \cdot \text{m}$; d) $5 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Observação:
Nas situações (c) e (d) os momentos não são nulos e as forças tendem a produzir rotação da barra OA em torno de O. Observe que a situação (d) é mais fácil fazer girar a barra em torno de O (maior momento em módulo do que em (c)). Nesta mesma posição, dizer que o momento da força F em relação ao ponto O tende a produzir rotação da barra em torno desse ponto.

Binário

Binário é um sistema constituído de duas forças de mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, cujas linhas de ação estão a uma certa distância d (fig. 2). A distância d chama-se **braço do binário**.



Figura 2. Binário.

Momento do binário

O momento do binário é a soma algébrica dos momentos das forças que o constituem. Assim, considerando um polo O arbitrário (fig. 3) e levando em conta a convenção da sinal, vem:

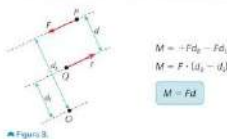


Figura 3.

O binário da figura 3 tem sentido anti-horário e seu momento resultante positivo; se tivesse sentido horário, seu momento seria negativo.

Da expressão acima podemos concluir que o momento de um binário independe do polo O escolhido.



Nesta chave de roda, as forças de ação e reação se aplicam a uma certa distância do eixo de rotação.

Resultante do binário

A resultante do binário é nula, pois as forças que o constituem têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos. Dessa modo, se aplicarmos um binário a um sólido, inicialmente em repouso, este não adquire movimento de translação (pois a resultante é nula), mas adquire movimento de rotação não uniforme (pois o momento não é nulo).

A condição resultante nula $\vec{F}_R = \vec{0}$ nos fornece duas equações escalares:

$$\begin{cases} F_R = F_L + F_R + \dots + F_R = 0 \text{ (projeções em x)} \\ F_R = F_L + F_R + \dots + F_R = 0 \text{ (projeções em y)} \end{cases}$$

A condição soma algébrica dos momentos nula nos fornece mais uma equação escalar:

$$M_R = M_L + M_R + \dots + M_R = 0$$

Assim, o equilíbrio de um corpo extenso sob ação de um sistema de forças coplanares nos possibilita obter três equações escalares.



Sistema em equilíbrio de translação e de rotação: a resultante das forças que agem no sistema é nula e a soma algébrica dos momentos das forças em relação a qualquer ponto é nula.

Fonte: adaptado de: www.fisica.ufpb.br/~fisica/ensino/fisica2/estatica/estatica2.htm

Objetivos
Analisar as condições de equilíbrio para um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.
Identificar as condições de equilíbrio de um corpo extenso.

Termos e conceitos
- corpo extenso
- equilíbrio
- condições de equilíbrio
- condições de equilíbrio

Equilíbrio dos corpos extensos

Considere um corpo extenso em equilíbrio, num dado referencial, sob ação de um sistema de forças coplanares.

Dizer que o corpo extenso está em equilíbrio significa que o corpo não apresenta movimento de translação ou que ele realiza translação retilínea e uniforme; e, ainda, que o corpo não está em rotação ou que ele realiza rotação uniforme. Em outras palavras, é preciso considerar os equilíbrios de translação e de rotação.

Nessas condições:

O sistema de forças que age sobre o corpo em equilíbrio deve ser tal que:
a) a resultante do sistema de forças seja nula (equilíbrio de translação);
b) a soma algébrica dos momentos das forças do sistema, em relação a qualquer ponto, seja nula (equilíbrio de rotação).

Teorema das três forças

Se um corpo estiver em equilíbrio sob ação exclusiva de três forças, estas deverão ser coplanares e suas linhas de ação serão, necessariamente, concorrentes num único ponto ou paralelas (Fig. 4).

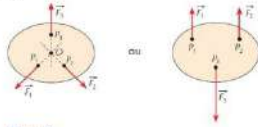
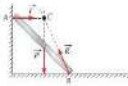


Figura 4

Como exemplos de aplicação deste teorema, considere os seguintes casos:

- 1) Uma escada apoiada em um ponto fixo na parede, com o outro extremo apoiado no chão, sob a ação da sua própria gravidade P e da força F exercida pela parede. Podemos obter graficamente a direção da força F que o chão exerce na escada no princípio do método. Basta determinar o centro G onde se encontram as linhas de ação de P e F para verificar que a linha de ação de F é a reta determinada pelos pontos L e S .

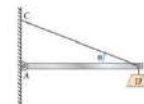


Sob a ação de três forças iguais, resultante das forças exercidas pelo chão e a resultante das forças exercidas pela parede, a escada permanece em equilíbrio na condição de que essas forças sejam coplanares e concorrentes em um único ponto.



exercícios resolvidos

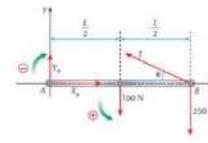
1) A barra homogênea AB de seção reta uniforme está articulada em A e é mantida na horizontal pelo fio ideal BC. A barra tem peso 100 N e o corpo D pesa 250 N. Determine a tensão no fio e as componentes vertical e horizontal da reação da articulação A. Dados: $\sin \theta = 0,6$, $\cos \theta = 0,8$.



Solução:

Observemos, inicialmente, que uma articulação plana pode ser entendida como um plano ligado à parede e passando por um eixo existente na barra. A articulação A permite que a barra gire no plano da figura em torno do ponto A. A força de reação da articulação na barra tem direção não determinada a priori. Por isso usaremos suas componentes horizontal (X_A) e vertical (Y_A).

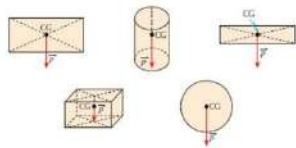
Vamos, então, isolar a barra AB. Sejam X_A e Y_A as componentes horizontal e vertical da reação da articulação na barra, T a intensidade da força de tração do fio, $P = 100$ N o peso da barra homogênea, aplicado no seu ponto médio (centro de gravidade), e $F_D = 250$ N o peso do corpo D.



Centro de gravidade e centro de massa

O ponto de aplicação do peso de um corpo é denominado **centro de gravidade (CG)** ou **baricentro**. Podemos imaginar que, nesse ponto, concentra-se todo o peso do corpo.

Se um corpo homogêneo apresentar um elemento de simetria (um ponto, um eixo ou um plano), o centro de gravidade pertence necessariamente a esse elemento. Significa que o centro de gravidade coincide, nesse caso, com o centro geométrico.



O ponto no qual podemos considerar concentrada toda a massa de um corpo é denominado **centro de massa (CM)**.

Nos locais onde a aceleração da gravidade pode ser considerada constante, o centro de gravidade coincide com o centro de massa. Um corpo que se encontra no espaço, livre da atração gravitacional da Terra e de outros corpos celestes, tem centro de massa, mas não tem centro de gravidade.

Vamos impor as condições de equilíbrio da barra AB:

1ª) Resultante nula

$$\text{Projeções em } x: X_A - T \cos \theta = 0 \Rightarrow X_A = T \cdot 0,8 \quad (1)$$

$$\text{Projeções em } y: Y_A + T \sin \theta - 100 - 250 = 0 \Rightarrow Y_A + T \cdot 0,6 = 350 \quad (2)$$

2ª) Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto B

Em relação a B, Y_A e $P = 100$ N apresentam momentos não nulos, sendo o momento de Y_A negativo (horário) e de $P = 100$ N positivo (anti-horário).

$$M_A + M_P + M_D = 0 \Rightarrow -Y_A \cdot l + 100 \cdot \frac{l}{2} = 0 \Rightarrow Y_A = 50 \text{ N}$$

Substituindo Y_A por 50 N na expressão (2) resulta: $T = 500$ N

Substituindo T por 500 N na expressão (1) vem: $X_A = 400$ N

Resposta: $X_A = 400$ N, $Y_A = 50$ N e $T = 500$ N

Observações:

- Se X_A ou Y_A ou ambos resultassem negativos, significaria que os sentidos adotados não foram corretos.
- Em geral escreve-se como polo o ponto em relação ao qual a maioria das forças tem momento nulo.

Se o centro de gravidade estiver acima do ponto de suspensão, o equilíbrio é **instável** (Fig. 8). Deslocando-se ligeiramente a placa da posição de equilíbrio, girando-a em torno de O e abandonando-a em seguida, ela se afasta ainda mais da posição de equilíbrio (Fig. 8).



Figura 8. Equilíbrio instável.

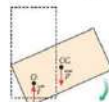


Figura 9. O peso P tem momento em relação ao ponto de suspensão, fazendo com que a placa se afaste da posição de equilíbrio.

Quando o centro de gravidade coincide com o ponto de suspensão, o equilíbrio é **indiferente**, pois, afastando-se a placa da posição de equilíbrio, girando-a em torno de O, ela permanece em equilíbrio na nova posição (Fig. 10).

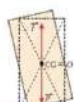


Figura 10. Equilíbrio indiferente.

Tipos de equilíbrio de um corpo

Considere que uma placa de centro de gravidade CG seja suspensa pelo ponto O (Fig. 5). Na posição de equilíbrio, as forças que agem na placa são o peso P , aplicado no centro de gravidade CG, e a força de suspensão F , aplicada em O. Nessas condições, F e P devem ser opostas. Para isso, o **ponto de suspensão O e o centro de gravidade CG devem pertencer à mesma reta vertical** (Fig. 6).

Deslocando-se ligeiramente a placa da posição de equilíbrio, girando-a em torno de O e abandonando-a em seguida, ela tende a retornar à posição original. Nesse caso dizemos que o equilíbrio é **estável** (Fig. 7).

No equilíbrio estável o centro de gravidade CG está abaixo do ponto de suspensão O.

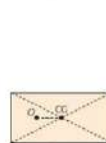


Figura 5



Figura 6

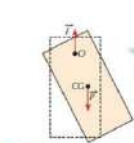


Figura 7. O peso P tem momento em relação ao ponto de suspensão O, tendendo a restaurar a posição de equilíbrio.

Vamos analisar outro exemplo: uma esfera homogênea encontra-se em equilíbrio num apoio côncavo (Fig. 11). Seu equilíbrio é **estável**. Ao ser deslocada ligeiramente da posição de equilíbrio e abandonada em seguida, ela tende a voltar à posição original.

No caso em que a esfera está em equilíbrio num apoio convexo, seu equilíbrio é **instável**: deslocando-se a esfera ligeiramente da posição de equilíbrio, ela se afasta ainda mais dessa posição (Fig. 12).



Figura 11. Equilíbrio estável.

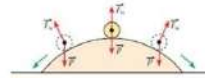


Figura 12. Equilíbrio instável.

Estando a esfera apoiada num plano horizontal, seu equilíbrio é **indiferente**: deslocando-se ligeiramente a esfera da posição de equilíbrio e abandonando-a em seguida, ela permanece em equilíbrio na nova posição (Fig. 13).

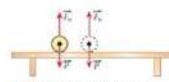


Figura 13. Equilíbrio indiferente.

Concluímos, agora, um bloco de centro de gravidade CG em equilíbrio, simplesmente apoiado numa tábua horizontal (Fig. 14). Note que o peso P e a força R (força que a tábua exerce no bloco) são forças opostas.



Figura 14

Vamos inclinar gradualmente a tábua e supor que o atrito seja suficiente para que o bloco não ocorra que.

No figura 15A o bloco não tomba, pois a **reta vertical traçada pelo centro de gravidade CG passa pela base de apoio**. No figura 15B o bloco está na **limitação de tombor** - a **reta vertical traçada pelo centro de gravidade CG está prestes a deixar de passar pela base de apoio** do bloco. Um ligeiro aumento na inclinação da tábua e o bloco tomba (Fig. 15C).

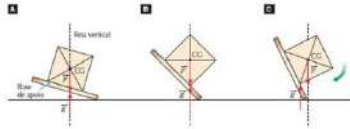


Figura 15

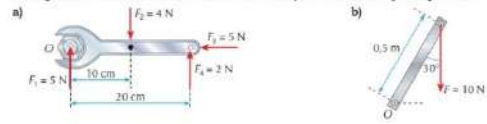


O brinquedo ilustra o equilíbrio estável e as condições necessárias para o equilíbrio estável.

Centro Digital Moderna PDS <http://www.modernapds.com.br>
Atividade experimental: O equilíbrio e o centro de gravidade

exercício proposto

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



Vamos Exercitar?

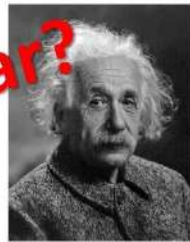


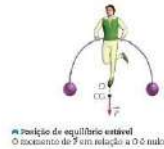
Imagem: WIKIMÉDIA COMMONS

1. O centro de gravidade de um boneco de madeira situa-se no seu próprio corpo. Fixamos no boneco um arame com duas bolas de madeira, conforme a figura. Apoiando-se a ponta do pé do boneco numa superfície plana, ele permanece em equilíbrio. Observa-se que, afastando-se o boneco ligeiramente da posição de equilíbrio (girando-o em torno do ponto de apoio), ele tende a voltar à posição de equilíbrio, isto é, o **equilíbrio é estável**. O que se pode afirmar, nessas condições, a respeito da posição do centro de gravidade do sistema (boneco + arame com bolas) em relação ao ponto de apoio?



Solução:

Sendo o **equilíbrio estável**, o centro de gravidade CG do sistema fica **abaixo do ponto de apoio O**. De fato, ao afastarmos ligeiramente o sistema da posição de equilíbrio, girando-o em torno do ponto O, o peso P do sistema passa a ter momento em relação ao ponto O. Esse momento tende a restaurar a posição de equilíbrio.

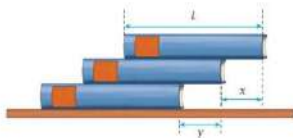


A posição de equilíbrio estável. O momento de P em relação a O é nulo.



A posição deslocada de um certo ângulo. O momento de P em relação a O não é nulo e tende a restaurar a posição de equilíbrio.

2. Empilham-se três livros idênticos sobre uma mesa, conforme mostra a figura. Cada livro tem comprimento $L = 20 \text{ cm}$. Quais os valores máximos de x e y para que o conjunto mantenha-se em equilíbrio?



3. Justifique por que uma pessoa, sentada conforme a figura, mantendo o tronco e as tíbias na vertical e os pés no piso, não consegue se levantar por esforço próprio. Se julgar necessário, faça um esquema para auxiliar sua explicação.



4. Rafael gosta de fazer "pegadinhas" com seus colegas. Ele começou demonstrando um exercício físico de flexibilidade, tocando nos pés sem dobrar os joelhos (figura I). O bem-humorado Rafael, com ar de gozação, disse que seus colegas não seriam capazes de fazer esse exercício sem perder o equilíbrio do corpo e, por isso, daria a chance de eles realizarem o exercício, encostados na parede (figura II).



Esse procedimento, proposto por Rafael, em vez de auxiliar, dificulta ainda mais o equilíbrio corporal da pessoa, pois a parede faz com que:

- o centro de gravidade da pessoa seja deslocado para uma posição que impede o equilíbrio;
- a força normal exercida na pessoa, pela parede, seja maior do que a força que a pessoa faz na parede;
- o torque exercido na pessoa, pela parede, seja maior do que o torque que a pessoa faz na parede, ambos em relação aos pés da pessoa;
- o centro de gravidade da pessoa não coincida com o seu próprio centro de massa.

Solução:

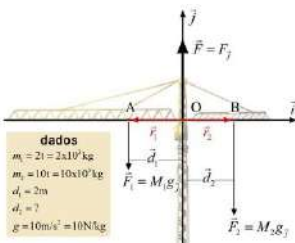
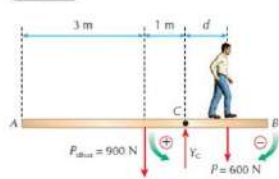
A máxima distância x ocorre quando a tábua está na iminência de girar em torno da articulação C; nessa condição não há contato entre a tábua e o apoio A. Para a determinação de x , impomos a soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto C.

$$M_C = M_{\text{tábua}} + M_g = 0 \Rightarrow 900 \cdot 1 - 600 \cdot d = 0 \Rightarrow d = 1,5 \text{ m}$$

A contar do ponto A, temos:

$$x = AC + d \Rightarrow x = 4 + 1,5 \Rightarrow x = 5,5 \text{ m}$$

Resposta: 5,5 m

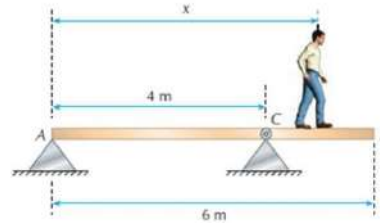


Resolução:

$$M_1 g d_1 - M_2 g d_2 = 0$$

$$d_2 = \frac{M_1}{M_2} d_1 = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg}}{10 \cdot 10^3 \text{ kg}} \cdot 2 \text{ m} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

5. Um homem de peso $P = 600 \text{ N}$ caminha numa tábua de madeira apoiada em A e articulada em C. O peso da tábua é $P_{\text{tábua}} = 900 \text{ N}$ e seu comprimento é de 6 m. Determine a máxima distância x , indicada na figura, que o homem pode caminhar sobre a tábua para que ela fique em equilíbrio.



Grua ou guindaste

A grua é um instrumento mediante o qual podemos elevar e movimentar cargas, acondicionadas em contêineres, por exemplo, e materiais pesados de maneira geral.

6. A que distância o operador de uma grua deve colocar o contrapeso móvel de 10 toneladas se quiser deslocar com segurança uma carga de massa de 2 toneladas, elevada a partir de um ponto que dista 2 metros da base da torre?

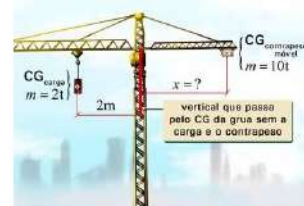
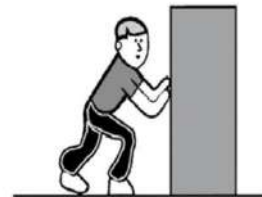


Figura: Equilíbrio entre a carga e o contrapeso móvel numa grua.

Inclinando o Bloco

Imagine que você esteja empurrando com uma força tal que, se apenas levemente aumentada, o bloco começa a se inclinar. Se existem binários calcule a magnitude de cada torque (TIPLER 6ª ed. Adaptada)



Bibliografia

- JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**, 10. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2014. vol. 01.
- MARQUES, Gil da Costa. **Mecânica Clássica para Professores**, São Paulo: Editora Edusp, 2014.
- TIPLER, P. A. **Física Para Cientistas e Engenheiros** 1. 6ª ed. São Paulo: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 2014.

**Obrigado pela
Atenção!**

Ciclo 4

Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Física

Ensino Médio
Estática – Parte 3

Máquinas simples

As máquinas simples ou compostas obtidas a partir da cunha recebem o nome de instrumentos Acheulianos. Inicia-se com essa descoberta a fase em que o homem adquire a capacidade de interferir no meio ambiente. De fato, a descoberta desses instrumentos - as máquinas simples - permitiu ao ser humano fazer uma transição na sua forma de interagir com outros animais e interferir na natureza. Máquinas simples são instrumentos que nos permitem mudar tanto a direção como também o módulo de uma força aplicada. O conceito mais importante nesse contexto é o da vantagem mecânica, que está associado à multiplicação da força aplicada mediante o uso da máquina.



Acheulianos

Máquinas simples

Desde priscas eras, os seres humanos têm procurado desenvolver máquinas e instrumentos voltados para facilitar o desenvolvimento das suas múltiplas atividades. Alguns antropólogos estabelecem, como marco na transição entre os seres mais primitivos dos quais eventualmente descendemos - os hominídeos - para o *Homo sapiens*, o desenvolvimento de máquinas, as quais denominamos hoje máquinas simples. A primeira máquina de que se tem notícia foi algo análogo ao que chamamos hoje de machadinha.



Tipos básicos de máquinas simples

Adotemos a classificação de máquinas simples utilizada desde o período da Renascença. Essa é uma definição clássica. Ela considera máquina simples como aquela que é composta de apenas uma peça. Elas são:



Figura 1: Exemplos de máquinas simples.

Hoje em dia ampliamos tal definição para incorporar máquinas compostas a partir das máquinas simples clássicas. Assim, a tesoura, o alicate, a pinça e o machado, por exemplo, são máquinas compostas.



Figura 2: Alguns exemplos de máquinas compostas de máquinas simples.

Alavanca

Alavanca é um corpo rígido, sólido, de forma alongada (relativamente fina, como uma haste) e que, quando apoiada num ponto, denominado fulcro, pode ser colocada em rotação em torno desse ponto.

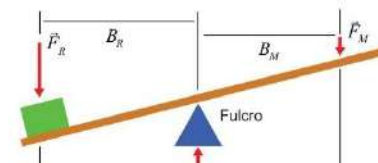


Figura 3: As forças motriz (F_M) e resistente (F_R) e os respectivos "braços" B_F e B_R em relação ao fulcro.

Interfixa

É aquela em que o fulcro se situa entre os pontos nos quais as demais forças estão aplicadas.



Figura 4: (a) O operador puxa a alavanca interfixa com a intenção de mover uma pedra robusta. (b) O DCL da alavanca. O fulcro A situa-se entre a força motriz (F_M) aplicada pelo operador em C e a força (F_R) em B (esta força é a reação à força que a alavanca aplica na pedra no ponto B).

Inter-resistente

Quando a força resistente é aplicada num ponto situado entre o ponto de apoio e o ponto no qual a força motriz é aplicada.

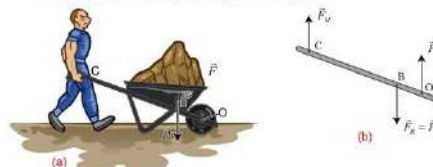


Figura 5: (a) O carrinho de pedreiro se reduz a uma alavanca inter-resistente, conforme se pode notar em (b), o respectivo DCL. A força F_M é a força aplicada pelo operador no ponto C da alavanca; o ponto O é o fulcro e representa o eixo da roda, sobre o qual a alavanca se apoia; este eixo é empurrado para baixo devido à carga do carrinho e F é a força de reação do eixo sobre a alavanca. Em (b) representa-se a força que o peso da carga exerce sobre a alavanca. É a força resistente F_R a ser vencida pela máquina simples em tela.

Interpotente

Refere-se ao caso em que a força motriz é aplicada num ponto situado entre o ponto de apoio e o ponto no qual a força resistente é aplicada. Essa



Figura 6: (a) O antebraço é mantido na posição indicada pela ação da força do biceps no ponto C. A carga a ser suportada é o peso do antebraço que se aplica no CG. O sistema funciona como uma alavanca interpotente. Em (b) temos o DCL da alavanca (antebraço reduzido a uma alavanca), onde F_M é a força do biceps e F_R é o peso do antebraço (a resistência a ser vencida).

Roldanas

A rigor, uma roldana nada mais é do que uma roda que gira ao redor de um eixo passando pelo centro dela. Essa roda deve ser dotada de um sulco para que por ele passemos um cabo flexível ou uma corda (como é mais usual).



Figura 7: (a) Características principais de uma polia móvel ou roldana. (b) Polia móvel em operação: erguer a carga puxando o fio para baixo é mais cômodo do que erguê-la puxando-a diretamente para cima.

Exemplo

Na Figura 5, a carga total do carrinho é de 600 N.



- Qual a força que o operador exerce sobre o carrinho?
- Qual a vantagem mecânica do sistema?

Respostas: $F_M = 200 \text{ N}$, $V_M = 3$

Roda e Eixo

Afirma-se que uma das maiores descobertas da história da humanidade tenha sido a Roda. Certamente, isso é válido para a Antiguidade. Uma das suas funções é eliminar, ao máximo, a força de atrito com o solo, que dificulta tremendamente o trabalho quando se arrasta um corpo (não redondo) sobre o solo. Provavelmente, ela teria sido derivada do rolete, que são troncos arredondados de árvores, que facilitam o transporte de objetos a longas distâncias, como requerido no antigo Egito.



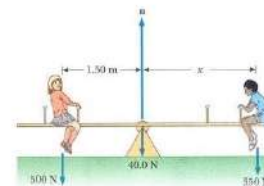
Figura 8: Sarilho usado para erguer balde com água do interior de uma cisterna com água.

exercício proposto

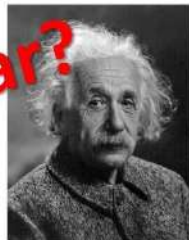
Duas crianças se equilibram em um balanço. Determine o valor da força vertical n e a posição x da segunda criança

Ref: Serway: Physics 4th ed. Chap. 12

Respostas: $n = 890 \text{ N}$, $x = 2.14 \text{ m}$



Vamos
Exercitar?



Bibliografia

- MARQUES, Gil da Costa. Mecânica Clássica para Professores, São Paulo: Editora Edusp, 2014.
- TIPLER, P. A. Física Para Cientistas e Engenheiros 1. 6ª ed. São Paulo: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 2014.

Anexos

Anexo A: Conceitos de Propriedades de Materiais importantes para a construção de uma grua de palitos de picolé

Nesta seção, o professor vai encontrar informações e conceitos de Física e Resistência de Materiais que são fundamentais para o dimensionamento e construção de uma grua de palitos de picolé.

A **resistência mecânica** é uma medida da força necessária para quebrar um objeto. Tratamentos térmicos adequados podem aumentar, consideravelmente, a resistência mecânica de objetos de aço. Alguns objetos se tornam mais fracos quando são deformados repetidamente.

A **rigidez** é uma medida da resistência de um objeto a deformações. Uma barra de aço, por exemplo, é muito mais rígida que uma tira de borracha. A constante elástica de uma mola é uma medida da rigidez da mola. A resistência mecânica e a rigidez dependem da forma, do material de que é feito o objeto e das suas dimensões.

A **elasticidade** está relacionada com a capacidade de um objeto de voltar à forma original depois de ser deformado. Uma tira de borracha, por exemplo, volta ao comprimento original quando é liberada depois de ter sido esticada, mas o mesmo não acontece com uma tira de polietileno (o tipo de plástico usado para embrulhar alimentos). O limite de elasticidade de um objeto é a deformação máxima que o material pode sofrer sem perder a capacidade de voltar à forma original. Quando a deformação de um material excede o limite de elasticidade, dizemos que o material passou a apresentar comportamento plástico.

Tensão é definida como a força "**F**" por unidade de área que atua perpendicularmente à área "**A**" ([figura A.1](#)). A unidade de tensão "**σ**" é o pascal (Pa) que é igual a 1 N/m⁻².

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Figura A.1: representação da aplicação de uma tensão axial aplicada em uma barra



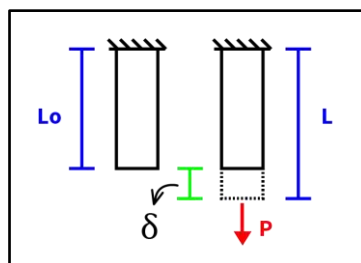
Fonte: Costa (2018)

Deformação é definida como a variação de comprimento por unidade de comprimento. Como é uma razão entre duas grandezas com as mesmas dimensões, a deformação é uma grandeza adimensional. No caso de uma barra de comprimento **L₀** que ao ser submetido a

uma tensão σ , passa a ter um comprimento $L = L_0 + \delta$ (veja a [figura A.2](#)), a deformação ϵ é dada pela equação abaixo.

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

Figura A.2. Representação da aplicação de uma tensão axial aplicada em uma barra e a devida deformação.



Fonte: Costa (2018)

Módulo de elasticidade, também chamado de **Módulo de Young**, dado pela razão entre a tensão (σ) e a deformação (ϵ), é uma grandeza que mede a rigidez ou a elasticidade do material. Quanto maior for o seu valor, mais rígido este material será, em outras palavras, será necessária uma aplicação maior de tensão no corpo para causar uma mesma deformação. O gráfico na [figura A.3](#) ilustra o módulo de elasticidade (**E**) de um material exposto a um ensaio de tração. A unidade é a mesma de tensão, sendo a mais comum o megapascal (MPa). A [tabela A.1](#) traz alguns módulos de elasticidade de madeira de uso comum em Engenharia Civil e a [tabela A.2](#) traz outros materiais também comuns:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Tabela 5.1. Módulos de elasticidade de algumas madeiras ¹³.

Espécie de Madeira	Módulo de elasticidade em GPa
Angelim pedra (<i>Hymenolobium petraeum</i>):	12.9
Casca grossa (<i>Vochysia</i>)	16.2
Cupiúba (<i>Goupia glabra</i>)	13.6
Eucalipto Citriodora (<i>Eucalyptus citriodora</i>)	18.4

Eucalipto Grandis (<i>Eucalyptus grandis</i>)	12.8
Eucalipto Maculata (<i>Eucalyptus maculata</i>)	18.1
Eucalipto Urophylla (<i>Eucalyptus urophylla</i>)	13.2
Ipê (<i>Tabebuia serratifolia</i>)	18.0
Jatobá (<i>Hymenaea</i>)	23.6
Cedro doce (<i>Cedrella</i>)	8.06

Fonte: (INSTITUTO DE DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2018)

Tabela A.2. Módulo de elasticidade de outros materiais utilizados na construção civil¹³.

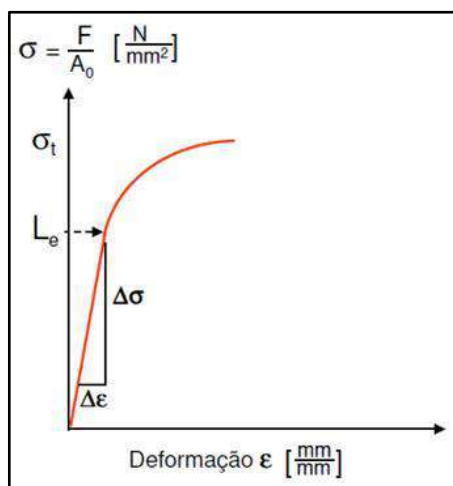
Material	Módulo de elasticidade em Gpa
Alumínio	69
Latão	16
Cobre	110
Aço	200
Vidro <i>Pirex</i>	62
Tijolo cerâmico	14

Continua.

¹³ Estes valores são representativos. Valores reais para amostras específicas podem diferir.

Fonte: Adaptada de Cutnell 2012 e Tipler 2012

Figura A.3: representação gráfica da relação entre tensão (σ), deformação (ϵ) e módulo de elasticidade (E).



Fonte: Adaptada de Neto 2017.

Barras são elementos estruturais lineares, ou seja, aqueles em que o comprimento longitudinal é maior em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal. Os exemplos mais comuns são vigas e pilares.

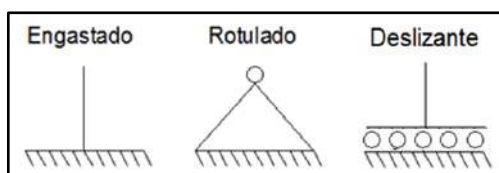
No FTOOL, para a análise estrutural, é necessário a escolha de algumas variáveis das barras, como seu material, módulo de elasticidade, comprimento e seção transversal.

As **reações de apoio** são responsáveis pelo vínculo da estrutura ao solo ou a outras partes da mesma, de modo a ficar assegurada sua imobilidade, a menos dos pequenos deslocamentos devidos às deformações.

Nos sistemas planos, existem três tipos de movimentos: translação no eixo x, translação no eixo y e rotação no eixo z.

Os **vínculos** podem ser classificados em função do número de movimentos que impedem. Portanto, temos apoios com três graus de liberdade: vínculos simples, duplo e triplo (Figura 5.3).

Figura A.4: representação esquemática dos vínculos.



Fonte: Costa (2018)

Vínculo simples (deslizante), também chamado de apoio móvel ou de 1º gênero, impede apenas um movimento, normalmente o de translação.

Vínculo duplo (rotulado), também chamado de apoio fixo ou de 2º gênero, impede dois movimentos, permitindo apenas o de rotação.

Vínculo triplo (engaste), também chamado de engaste, impede os três movimentos.

Ensaio são realizações de testes que visam determinar propriedades físicas de um material. São normalmente padronizados por norma própria a exemplo da NBR 5739 que trata do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto.

Ensaio de compressão é a aplicação de uma força uniaxial de compressão em um corpo de prova específico até ocorrer a ruptura. Desse ensaio, é possível obter o limite de resistência à compressão que é indicada pelo ponto máximo de uma curva de tensão-deformação obtido pelo ensaio de compressão.

Ensaio de tração é a aplicação de uma força uniaxial de tração em um corpo de prova específico até ocorrer a ruptura. Desse ensaio, é possível obter o limite de resistência à tração que é indicada pelo ponto máximo de uma curva de tensão-deformação obtido por meio de um ensaio de tração.

Podemos plotar os resultados dos ensaios em um gráfico Tensão versus Deformação como ilustrado na [figura A.3](#).

A partir da análise do diagrama Tensão x Deformação, podemos destacar pontos importantes que merecem ser estudados.

- **Fase elástica:** É a fase na qual o material recupera suas dimensões originais após a retirada dos esforços externos sobre ele. A fase elástica obedece à **Lei de Hooke**, pois o deslocamento do estado inicial é proporcional a força aplicada, representada algebricamente pela equação 3.
- **Fase plástica:** É a fase a partir da qual o material sofre uma deformação permanente.
- **Limite de Proporcionalidade:** região do gráfico onde é válida a Lei de Hooke.
- **Escoamento:** Início da deformação plástica, consiste propriamente dito em um grande alongamento do material sem acréscimo significativo de carga, com oscilações na velocidade de deformação.
- **Limite de ruptura:** Corresponde ao ponto no gráfico em que ocorre a fratura do material.

- **Limite de resistência LR:** Corresponde à máxima tensão que o material suporta sem romper-se. É calculada por:

$$LR = \frac{F_{máx}}{A_{inicial}}$$

Onde $F_{máx}$ é a força máxima aplicada e $A_{inicial}$ é a secção reta da inicial do corpo de prova.

Treliças plana e espacial

Treliças são armações de barras interligadas entre si por ligações rotuladas, de modo que as barras estejam sujeitas apenas a esforços axiais. Denominamos como treliças planas as armações que pertençam a um único plano e espaciais armações que formem módulos tridimensionais piramidais (em formato de pirâmide). (COSTA, 2018)

Anexo B: Pequeno Tutorial Ftool.

Nesta seção, o professor encontrará um tutorial básico pensado para profissionais que desconhecem completamente a ferramenta Ftool. Iniciamos orientando a realizar o download, após, fazemos uma exploração das principais ferramentas e funcionalidades e, em seguida, construímos uma estrutura simples.

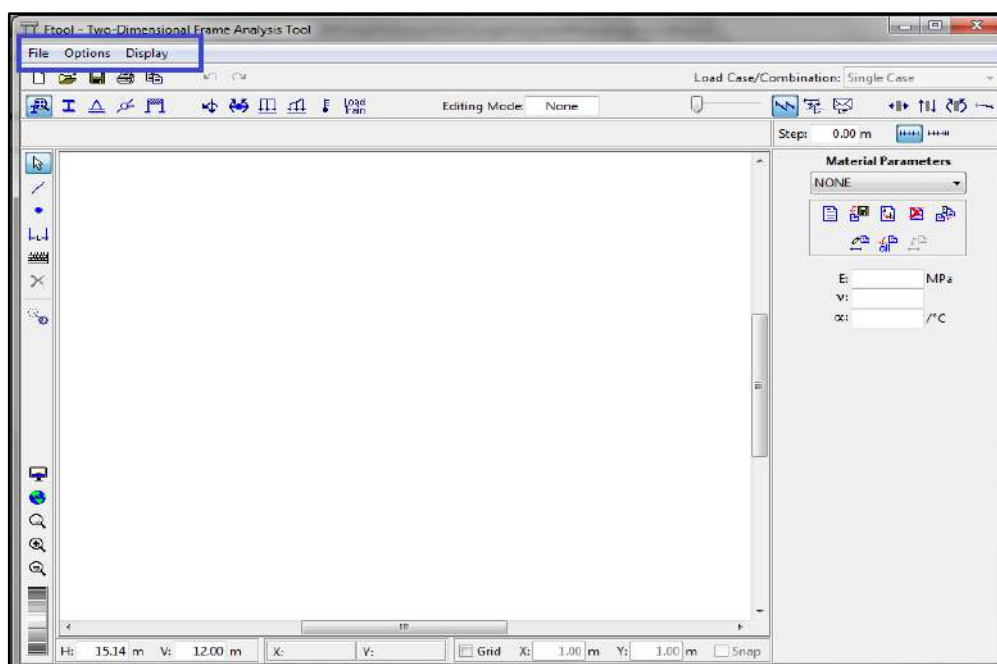
Procuramos produzir um material mais direcionado aos objetivos deste trabalho. Caso o professor queira expandir suas habilidades de uso do software, aconselhamos a utilização do material disponibilizado gratuitamente pelo fabricante no site: https://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/ftool/index_en.html.

Para a instalação digite em seu navegador o seguinte endereço: <https://www.ftool.com.br/Ftool/>, entre no site e depois clique em download. Faça seu cadastro com seus dados pessoais e o download do arquivo. O arquivo disponibilizado é do tipo executável, não sendo necessária a instalação do programa.

Vamos ao “passo a passo”:

Abra o arquivo ftool.exe, após o carregamento, esta será a **tela inicial** do programa, [figura B1](#).

Figura B.1: tela inicial do Ftool com destaque (em azul) para barra de comando.



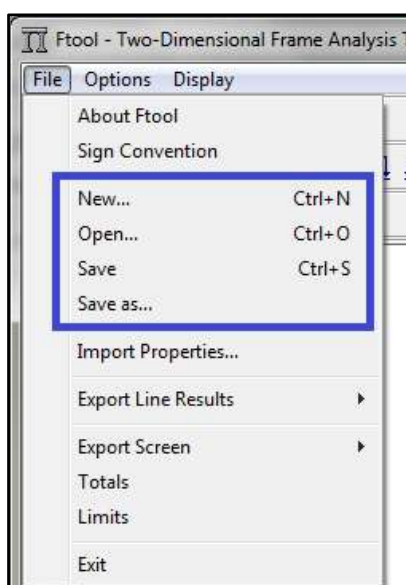
Fonte: Costa (2018)

Na barra de comandos do programa, destacada em azul, há três menus: **File, Options e Display**.

No menu File, há as opções (ver [figura B.2](#)):

- NEW (para abrir um novo arquivo no formato .ftl, padrão do ftool)
- OPEN (para abrir um arquivo do tipo .ftl)
- SAVE (para salvar o projeto com o mesmo nome)
- SAVE AS (para salvar o projeto atual como outro arquivo)

Figura B.2: imagem do detalhe na tela do ftool ao acionar o botão “File” com destaque (em azul) para as funções e seus atalhos.

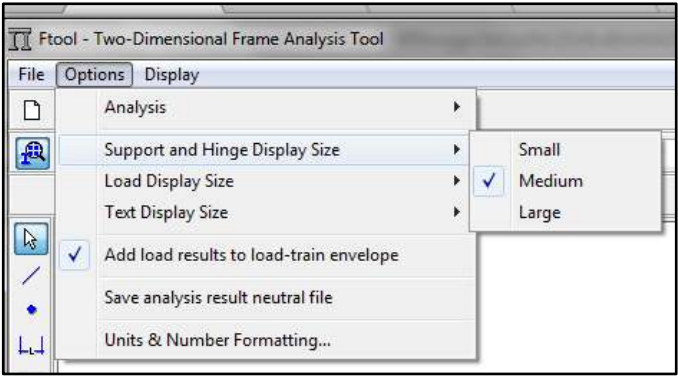


Fonte: Costa (2018)

No menu options, o qual vemos na imagem abaixo ([figura B.3](#)), há as opções:

- Support and Hinge Display Size: Selecionar o tamanho de exibição dos apoios (small=pequeno, medium=médio e large=grande);
- Load Display Size: seleciona o tamanho de exibição dos esforços (small, medium e large);
- Text Display Size:, seleciona o tamanho de exibição do texto (small, medium e large);

Figura B.3: imagem do detalhe na tela do ftool ao acionar o botão “Options”.

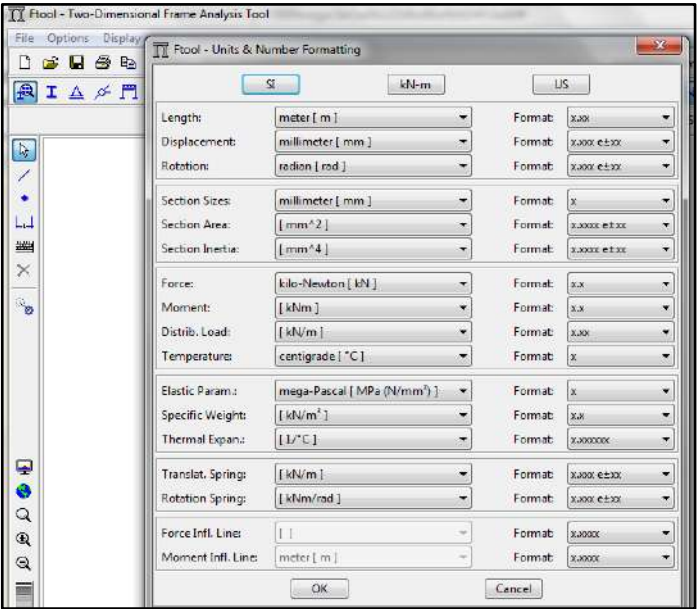


Fonte: Costa (2018)

- Units & Number Formatting: Abre a seleção de unidades a serem utilizadas e precisão em casas decimais (figura B.4).

Nesta janela, você terá a opção de mudar as unidades de medida das grandezas listadas, além do formato numérico de saída. Observe no topo da janela que há os sistemas de unidades mais comuns (SI, US).

Figura B.4: janela de ajuste de unidades.



Fonte: Costa (2018)

O ajuste de unidades pode ser auxiliado com a tradução dos termos nativos do ftool, para isso construímos a [tabela B.1](#) que traz duas colunas a da esquerda com termos em inglês e a da direita com os termos traduzidos para o português.

Tabela B.1: tabela de grandezas com termos traduzidos.

Grandeza em inglês	Grandeza em português
<u>Lenght</u>	Comprimento
Displacement	Deslocamento
Rotation	Rotação
Section Sizes	Dimensões da seção
Section Area	Área da seção
Section Inertia	Inércia da seção
Force	Força

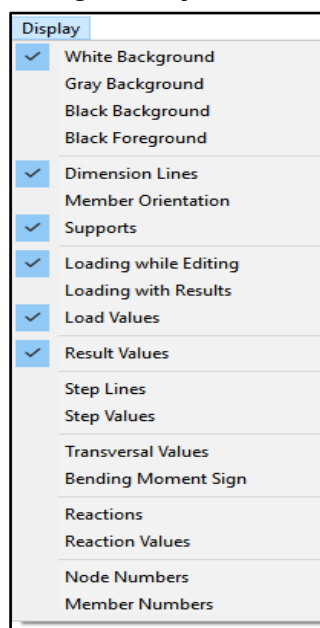
Moment	Momento
Distrib. Load	Carga distribuída
Elastic. Param.	Módulo de Elasticidade
Specific Weight	Peso específico
Thermal Expan.	Expansão Térmica
<u>Translat. Spring</u>	Constante elástica de translação
Rotation Spring	Constante elástica de rotação

Fonte: Costa (2018)

Após selecionar as unidades e formatos pretendidos, clique em OK para sair com as alterações salvas.

Ao clicar no menu **Display**, uma lista de comandos aparecerá na tela ([figura B.5](#)). É possível marcar/desmarcar as opções que ficarão visíveis na tela, com a preferência do usuário, como a cor de fundo da tela inicial; as dimensões das linhas; apoios; valores de cargas; reações; valores de reações, etc.

Figura B.5: imagem da janela Display.



Fonte: Costa (2018)

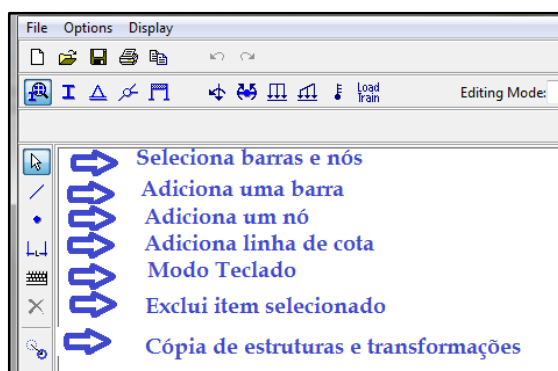
A [tabela B.2](#) abaixo traz uma lista de tradução dos comandos apresentados na janela Display.

Tabela B.2: funções da janela Display traduzidas.

Função em inglês	Função em português
white Background	Fundo branco
Gray Background	Fundo cinza
Black Background	Fundo preto
Dimension Lines	Linhas de Dimensão
Member orientation	Orientação para membros
Supports	suportes
loading while Editing	carregamento durante a edição
Load with Results	Carga com resultados
Step Lines	Linhas de Passo
Step Values	Valores do Valores
Transversal Values	Valores Transversais
Bending Moment Sign	Sinal de momento de flexão
Reactions	Reações
Reactions values	Valores de Reações
Node Numbers	Número de nós
Member Numbers	Números de membros

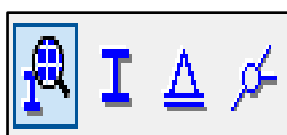
Fonte: Costa (2018)

No canto esquerdo da tela inicial, há vários comandos de edição, com os quais será possível as estruturas de acordo com o desejo do usuário. A [figura B.6](#) abaixo destaca cada funcionalidade:

Figura B.6: imagem do menu edição com indicação e localização da função.

Fonte: Costa (2018)

O menu de propriedades de nós e barras fica acima do menu de edição, a [figura B.7](#) abaixo explicita as suas funções, as quais estão dispostas na ordem da esquerda para a direita.

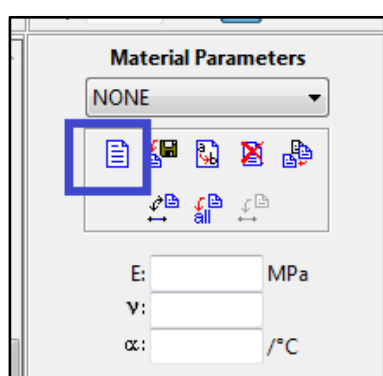
Figura B.7: imagem do menu de propriedades de nós e barras.

Fonte: Costa (2018)

- **Material parameters:** menu de propriedades da barra selecionada
- **Section properties:** menu de definição das seções transversais nas barras
- **Support conditions:** menu de condições de apoio nos nós
- **Rotation release:** menu de condições de articulação

Ao clicar no menu **Material parameters**, aparecerá a seguinte janela ,[figura B.8](#), no canto esquerdo da tela inicial do Ftool.

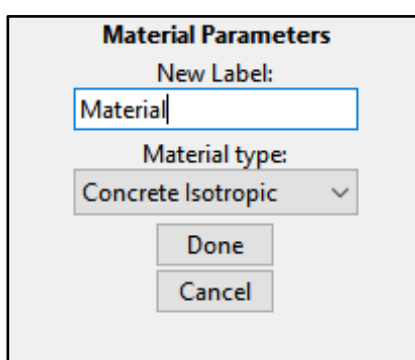
Figura B.8: janela de criação e especificação de materiais.



Fonte: Costa (2018)

Para criar um arquivo de material para as barras, clique na área destacada em azul. Ao clicar, aparecerá a janela ilustrada na [figura B.9](#).

Figura B.9: janela para nome e criar um novo material.



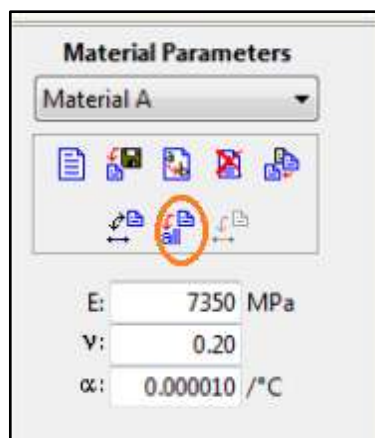
Fonte: Costa (2018)

Em New Label, digite um nome para o material. Após, clique em Material Type e selecione o tipo de material para as barras. Observe o exemplo em que escolhemos o nome de Material A e o tipo de material como Concreto Isotrópico. Clique em Done para salvar as alterações.

Após isso, abrirá, novamente, a janela **Material parameters**, entretanto com os parâmetros do material selecionado (Módulo de elasticidade “**E**”, coeficiente de Poisson “**ν**” e coeficiente

de expansão térmica “ α ”) aparecendo na janela. Clique na opção circulada em vermelho para definir o material selecionado para todas as barras presentes na estrutura ([figura B.10](#)).

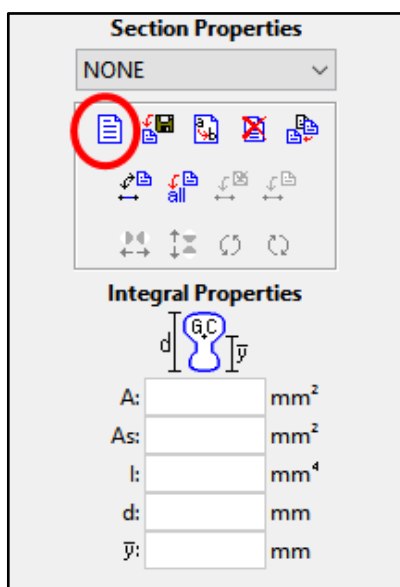
Figura B.10: destaque para o botão de atribuição das características do material.



Fonte: Costa (2018)

Após a definição do material, clique na opção **Section properties** no menu de propriedades de nós e barras. No canto direito da tela inicial do Ftool, aparecerá a janela da [figura B.11](#). Neste menu será onde o usuário selecionará o tipo de seção das barras. Clique na opção circulada em vermelho para criar um novo tipo de seção.

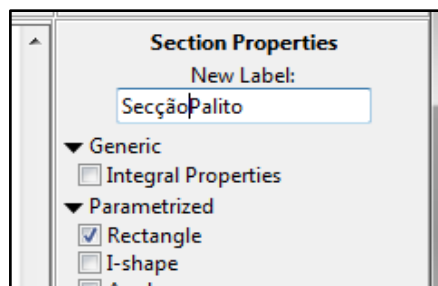
Figura B.11: destaque para o botão que permite criar um novo tipo de secção.



Fonte: Costa (2018)

Em New Label, digite o nome da seção e em parameterized escolha o tipo da seção da barra. Observe no exemplo abaixo que o nome escolhido foi (SecçãoPalito) e o tipo Rectangle ([figura B.12](#)).

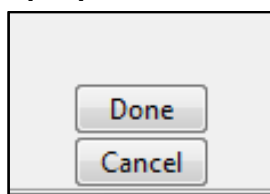
Figura B.12: destaque para nomeação e escolha do tipo de secção.



Fonte: Costa (2018)

Após essas alterações, clique em **Done** na parte inferior da tela ([figura B.13](#)).

Figura B.13: destaque para o botão done (feito).



Fonte: Costa (2018)

No visor aparecerá uma nova janela onde será possível alterar as dimensões da seção escolhida, no nosso caso, a retangular fornecendo os valores de sua base e altura. No nosso exemplo, a seção será 2 x 8 mm, então digite 6 em **b** e 10 em **d**, [figura B. 14](#).

Figura B.14: detalhe da janela de atribuição de dimensões a secção.

Rectangle	
d:	6 mm
b:	10 mm
$\bar{y}$:	3 mm
A:	6.0000e+01 mm ²
As:	5.0000e+01 mm ²
I:	1.8000e+02 mm ⁴

Fonte: Costa (2018)

Após, clique na opção circulado em vermelho, destacada na [figura B.15](#), para selecionar essa seção para todas as barras da estrutura.

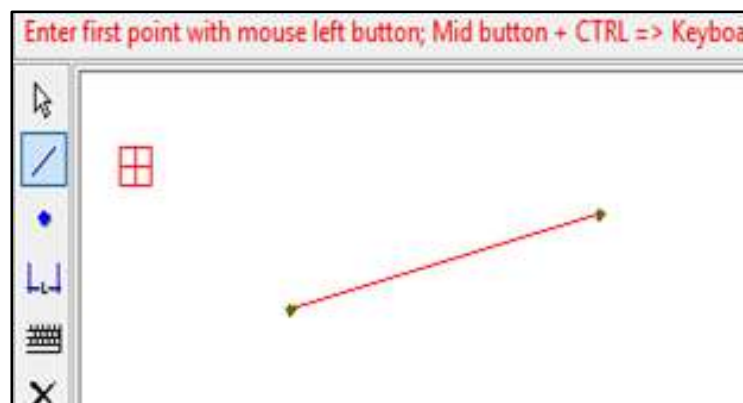
Figura B.15: destaque ao botão de atribuição das características da secção aos elementos da estrutura.



Fonte: Costa (2018)

Após a definição do material e da seção das barras da estrutura, vamos começar a criar a nossa estrutura. No menu de edição, clique na opção inserir barra. Para inserir a barra, clique em um local que será o ponto inicial e depois onde será o ponto final, a exemplo do [figura B.16](#) abaixo.

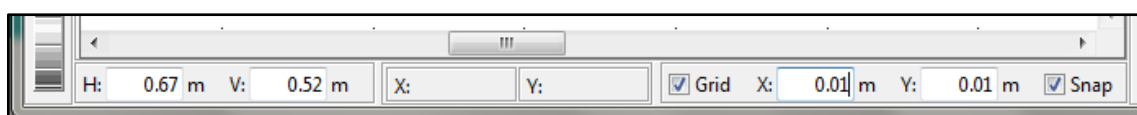
Figura B.16: exemplo de tela com barra inserida no Ftool.



Fonte: Costa (2018)

Entretanto, observe que será dificultoso colocar a barra na horizontal e definir seu tamanho específico. Assim, clique nas opções grid e snap no canto inferior direito da tela ([figura B.17](#)). Com essas opções ligadas, o cursor do Ftool estará somente sobre pontos, igualmente, espaçados de uma unidade (pode ser metros, centímetros ou outra unidade escolhida pelo usuário)(escolhemos em 0,01m). Desse modo, ficará mais fácil colocar barras horizontais e verticais com dimensões inteiras.

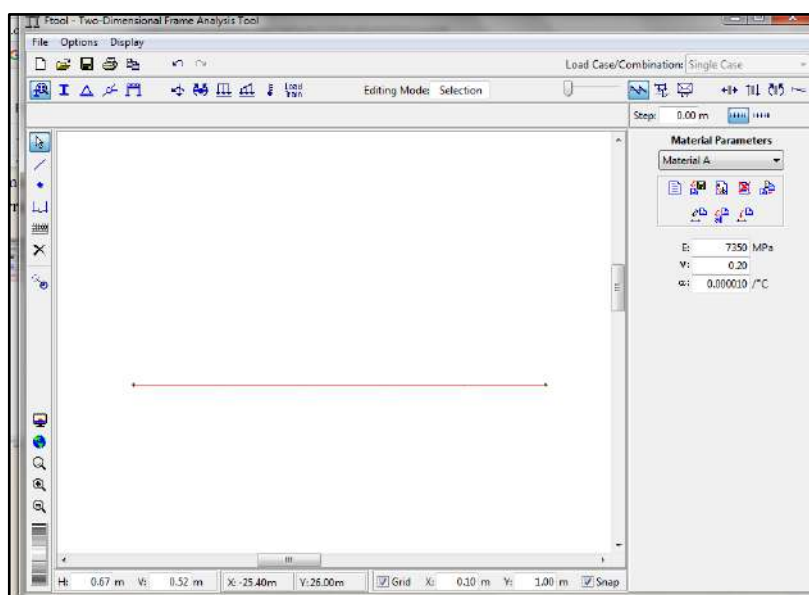
Figura B.17: destaque para as funções grid e snap.



Fonte: Costa (2018)

Vamos adicionar uma barra horizontal de 0,5m, simulando uma viga. Clique em qualquer ponto e arraste o cursor 5 unidades para a direita e em seguida clique para ser o ponto final. A [figura B.18](#), ilustra a imagem que se formará na tela.

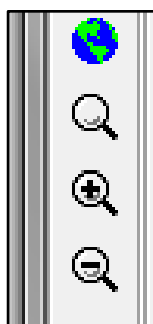
Figura B.18: imagem que se forma ao executar o comando de criação de uma barra.



Fonte: Costa (2018)

Caso queira, altere o zoom da tela nas opções ao lado que aparecem no canto inferior esquerdo da tela inicial ([figura B.19](#)).

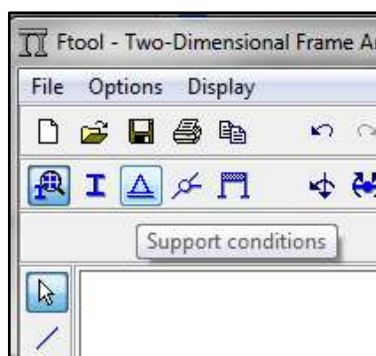
Figura B.19: destaque para as ferramentas de ampliação e redução de tela (zoom).



Fonte: Costa (2018)

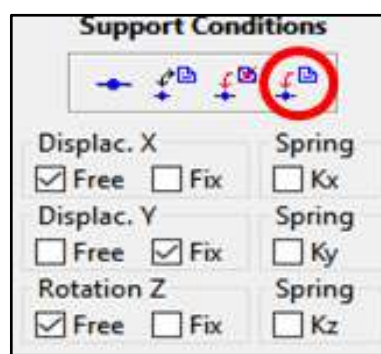
Logicamente, esta viga deverá ter apoios, para criá-los clicamos na opção **Support conditions** no menu de propriedades de nós e barras ([figura B.20](#)). Após, aparecerá a janela abaixo no canto direito da tela inicial ([figura B.21](#)).

Figura B.20: destaque ao botão Support conditions (condições de suporte).



Fonte: Costa (2018)

Figura B.21: janela de configuração do vínculo e aplicação no nó.



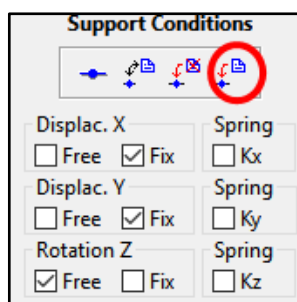
Fonte: Costa (2018)

De acordo com o tipo de apoio, as opções de deslocamento nos eixos X e Y e rotação no eixo Z poderão estar livres (free) ou fixas (fix).

Vamos criar uma viga biapoiada, para isso precisamos de um apoio móvel (1º gênero) e um apoio fixo (2º gênero). Para o primeiro caso, marcamos apenas a opção fix no eixo Y e deixamos as outras livres. ([figura B.22](#)).

Após isso, selecione o nó que receberá este apoio na barra e clique na opção circulado em vermelho. Assim, o apoio aparecerá na barra conforme a [figura B.23](#), abaixo.

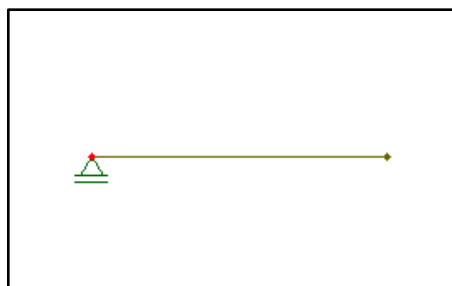
Figura B.22: vínculo de primeiro gênero aplicada na extremidade da barra.



Fonte: Costa (2018)

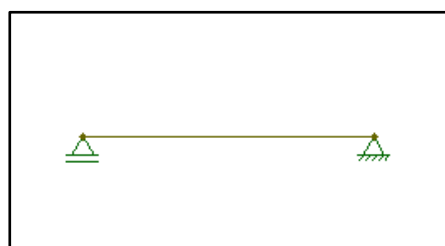
Para o segundo caso, faremos as direções X e Y e deixaremos a rotação livre. Após, selecione o nó e adicione o apoio. conforme ilustrado nas [figura B.23](#) e [B.24](#).

Figura B.23: ilustração da janela de configuração do apoio de segundo gênero.



Fonte: Costa (2018)

Figura B.24: vínculo de segundo gênero aplicado na outra extremidade da barra.



Fonte: Costa (2018)

Na parte superior da tela inicial, há os comandos que aparecem na [figura B.25](#) abaixo, clique na opção circulada em vermelho (nodal force).

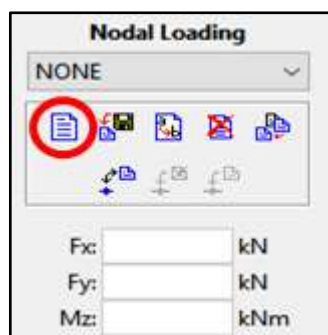
Figura B.25: destaque para a função Nodal Force.



Fonte: Costa (2018)

Ao clicar no botão destacado, aparecerá o menu de esforços nodais ao lado direito da tela inicial. Clique na opção circulada em vermelho ([figura B.26](#)).

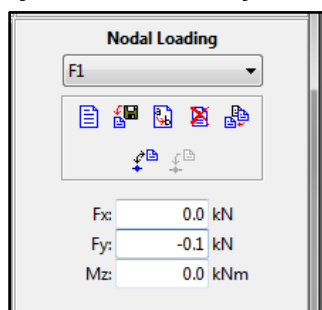
Figura B.26: Janela de criação de um novo esforço nodal.



Fonte: Costa (2018)

Aparecerá uma nova janela onde será possível colocar o nome da nova força nodal, digite F1 e aperte Done. Após, retornaremos para a tela inicial de esforços nodais, onde será possível alterar a intensidade da força na direção pretendida. Digite -0,1 em Fy para indicarmos que queremos uma carga de 0,1 kN na direção y com o sentido para baixo ([figura B.27](#)).

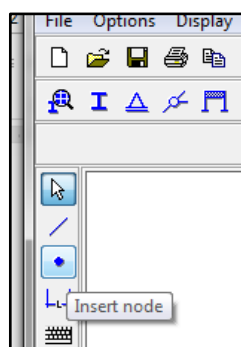
Figura B.27: imagem da janela nodal força com os dados já inseridos.



Fonte: Costa (2018)

Após isso, precisamos criar um nó na barra onde será o local de aplicação de força nodal. No menu edição clique em Insert node (adicionar nó) ([figura B.28](#)) e um cursor aparecerá na tela. Selecione o ponto que está a 0.25m da extremidade esquerda da barra, como na [figura B.30](#) abaixo.

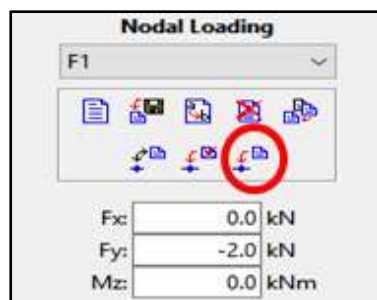
Figura B.28: destaque para a função Insert node.



Fonte: Costa (2018)

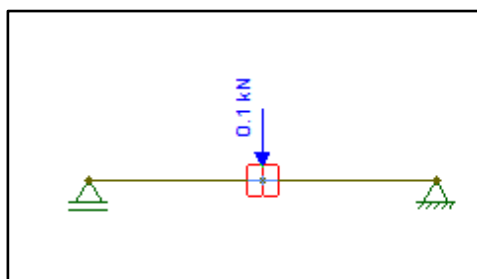
Logo após, selecione esse nó e clique na opção circulada em vermelho na janela de forças nodais para aplicar essa força no nó desejado ([figura B.29](#)).

Figura B.29: destaque ao botão de atribuição de força ao nó criado.



Fonte: Costa (2018)

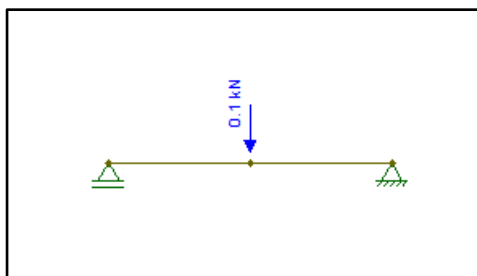
Figura B.30: ilustração da tela com aplicação da força no nó criado.



Fonte: Costa (2018)

A [figura B.31](#) ilustra como ficará nossa estrutura:

Figura B.31: ilustração de como a estrutura ficará na tela do Ftool.



Fonte: Autor.

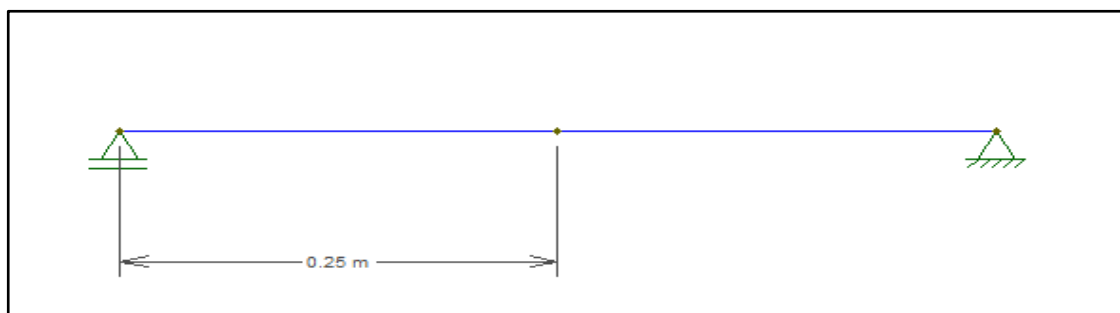
Figura B.35: destaque a ferramenta de análise e apresentação do diagrama de esforços normais.



Fonte: Costa (2018)

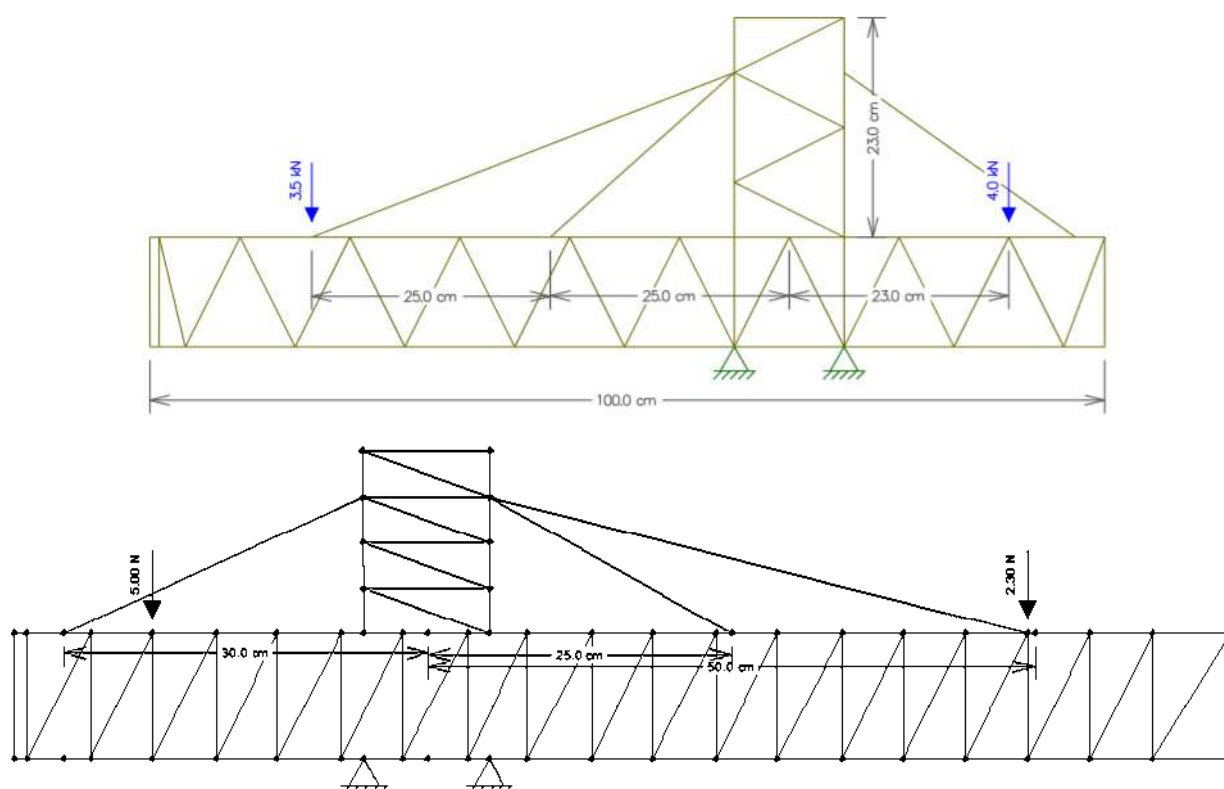
Quando fizermos isso, o Ftool poderá salvar o arquivo do projeto, e após isso será mostrada a seguinte ilustração da ([figura B.36](#)), observe que nada de novo surge no diagrama, esta “não informação” indica que a barra não está sofrendo esforços normais.

Figura B.36: diagrama de esforços normais indicando a ausência deste tipo de esforço.



Fonte: Costa (2018)

Observe agora as configurações dos esforços normais aplicados nos dois modelos da grua apresentado pelos alunos ([figura B.37](#) e [figura B.37](#)).



Fonte: Autor

Anexo C: Planilha de avaliação da sequência.

	O que eu estou fazendo? Qual atividade eu propus?	O que eles deveriam estar fazendo? (resposta desejada)	O que eles estão fazendo? (resposta indesejada)	Coisas melhores para eles fazerem.
CDDC 1	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
CDDC 2	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
CDDC 3	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
CDDC 4	Teste de leitura			
	Exposição em sala de aula			
	Mão na massa			
	Síntese e Feedback			
Projeto Integrador	Etapa 1			
	Etapa 2			
	Etapa 3			
	Etapa 4			
	Etapa 5			
	Etapa 6			
	Etapa 7			

Fonte: Costa (2018)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, F. O que é construtivismo? **Revista de Educação AEC**, Brasília, v. 21, n.83, abr./jun. 1992. Disponível em:<http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_20_p087-093_c.pdf>. p. 7-15. Acesso em: 20 dez 2019.

BENDER, Wilian N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Ed. Penso, 2014.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. Tópicos de Física. 1ª edição, Vol.1. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

BONJORNO, José Roberto. Física: Mecânica. 3ª Ed. São Paulo: Ed. FTD, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

COSTA, José Benício da Cruz. **Planejamento, construção, validação e avaliação de uma Sequência Didática com foco no desenvolvimento de Competências no Ensino Médio Integrado**. 2018. 158f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém/PA, 2018.

DA LUZ, Antônio Máximo Ribeiro; ALVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. Física: Contexto e Aplicações. Vol 1. 2ª edição. São Paulo: Ed. Scipione, 2017.

FERRAZ, A. P. C. M. et al. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

GASPAR, Alberto. Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vitgotski. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

Guia Trabalhista. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm>. Curitiba (s/d) Acesso em: 28 jan. 2020.

JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os Fundamentos da Física 1: Mecânica. 9ª Ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2008.

KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. A contribuição da Física para o novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4. n. 2, p. 27 - 30, 2016. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/vol4/Num2/v4na09.pdf>. Acesso em: 03 out. 2019.

KÜLLER, J. A.; RODRIGO, N. F. Uma metodologia de desenvolvimento de competências. **Bol. técnico SENAC**: a revista da educação profissional. 2012. Disponível em: <http://www.senac.br/BTS/381/artigo1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Ed. Penso, 2018.

NOVAK, Gregor M. et al. Just in time teaching. 1999.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio. **O Ensino de Física Via Aprendizagem Baseada Em Projetos**: Um Estudo à Luz da Teoria Antropológica do Didático. 2018. 237f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2018.

PERRENOUD, P. **10 Competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PERRENOUD, P. **Avaliação**: Da excelência à regulação das aprendizagens - entre duas lógicas. Porto Alegre: Artmed S.A, 1999.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PERRENOUD, Philippe. As competências para se ensinar no século XXI: A formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Ed. Artmed S.A, 2007.

PERRENOUD, Philippe. Diferenciação do ensino. Uma questão de organização do trabalho Curitiba: Editora Melo, 2011.

PERRENOUD, Philippe. Os Ciclos de Aprendizagem: Um caminho para combater o fracasso escolar. Porto Alegre: Ed. Artmed S.A, 2007.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades, A Física na Escola, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 10, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a04.pdf>. Acesso em 02.11.2019.

RODRIGUES, Ricardo. <https://engiobra.com/guindastes-torre/>. 2013. Acesso: em 27 jan. 2020.

THIESEN, J. S. Currículo interdisciplinar: contradições, limites e possibilidades. **Revista Perspectiva**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 591-614, 2013.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física Conceitual: Física para Cientistas e Engenheiros. Vol.1. 6ª edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2019.

TOBÓN, Sergio Tobón; PRIETO, Julio Herminio Pimienta; FRAILE, Juan Antonio García. *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson educación, 2010.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio. Vol 1. 4ª edição. São Paulo: Ed. Saraiva, 2016.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1998.

ZABALA, Antoni, ARNAU, Laia. *Como ensinar e aprender competências*. Porto Alegre: Artmed, 2010. 197 p.