

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Anderson Kneipp Duarte**

Sequência de Ensino Investigativo em Centros de Ciências:  
desenvolvendo o conceito de torque e a Lei da Alavanca

Juiz de Fora

2021

**Anderson Kneipp Duarte**

Sequência de Ensino Investigativo em Centros de Ciências:  
desenvolvendo o conceito de torque e a Lei da Alavanca

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Doutor Thales Costa Soares

Juiz de Fora  
2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Duarte, Anderson Kneipp.

Sequência de Ensino Investigativo em Centros de Ciências : desenvolvendo o conceito de torque e a Lei da Alavanca / Anderson Kneipp Duarte. -- 2021.

186 p.

Orientador: Thales Costa Soares

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2021.

1. Centros de Ciências. 2. Atividades Investigativas. 3. Alfabetização Científica. 4. Lei da Alavanca. I. Soares, Thales Costa, orient. II. Título.

**Anderson Kneipp Duarte**

**Seqüência de Ensino Investigativo em Centros de Ciências:  
desenvolvendo o conceito de torque e a Lei da Alavanca**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 06 de agosto de 2021

**BANCA EXAMINADORA**



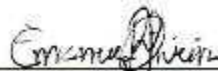
---

Dr. Thales Costa Soares - Orientador  
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais



---

Dr. Mikael Frank Rezende Júnior  
Universidade Federal de Itajubá



---

Dr. Emanuel José Reis de Oliveira  
Instituto Federal do Espírito Santo

Dedico este trabalho de pesquisa ao meu pai Antônio José Duarte (*in memoriam*), à minha mãe, à minha esposa por estar sempre ao meu lado, à minha filha, a Deus e a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que esta pesquisa pudesse ser realizada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Thales Costa Soares por me indicar caminhos e propor soluções para o desenvolvimento desta pesquisa; à minha esposa pelas constantes revisões; aos professores Rinaldo e Geovana pelas contribuições dadas durante a realização das atividades; aos diretores da Escola Estadual Presidente Costa e Silva pelo apoio em diversos momentos da aplicação do produto educacional; ao professor e diretor do Centro de Ciências, Eloi Teixeira César; aos alunos bolsistas da UFJF e aos alunos monitores que contribuíram para o desenvolvimento das atividades; à Deus por me dar sustentação para superar os desafios encontrados.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

...alfabetizar cientificamente envolve proporcionar espaço, oportunidades e possibilidades para que os estudantes sejam apresentados a conceitos científicos e com eles possam trabalhar, investigando problemas e construindo relações entre o que já se conhece de seu cotidiano e as novas informações que o trabalho na escola proporciona. Caracteriza-se, pois, por um trabalho que deve mesclar, de maneira bastante intensa, o mundo escolar e o mundo extraescolar, permitindo que conhecimentos de um e de outro sejam utilizados em ambos os universos. (SASSERON, 2018, p. 22).

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa é propor, desenvolver e discutir uma sequência didática por um conjunto de atividades investigativas, em níveis crescentes de complexidade, que possibilita a construção experimental do conceito de torque e da Lei da Alavanca com base na Teoria do Desenvolvimento Humano de Vygotsky e nas Sequências de Ensino Investigativo (SEI) propostas por Carvalho, a favor da Alfabetização Científica. Para isso, foram desenvolvidas as seguintes etapas: apresentação de uma situação-problema; levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos; desenvolvimento de atividades experimentais investigativas em um centro de ciências; aplicação dos conceitos científicos desenvolvidos através da utilização de uma alavanca; autoavaliação; avaliação final utilizando o simulador PhET Colorado. As etapas desenvolvidas possibilitaram aos alunos: organizar/reorganizar as informações dadas; levantar e testar hipóteses; justificar as respostas dadas; prever/reavaliar resultados; explicar o processo e os resultados utilizados. Tais ações se configuram como indicadores da Alfabetização Científica utilizados como parâmetros de avaliação da sequência didática. As ações desenvolvidas possibilitaram ainda, reflexões sobre a importância da intervenção/mediação docente e da interação entre professor, alunos e conteúdos. Os resultados apontam para a necessidade de planejamento de atividades contínuas para o ensino de física em espaços de educação não formais a favor da Alfabetização Científica.

Palavras-chave: Centro de Ciências, atividades investigativas, alfabetização científica.



## ABSTRACT

The objective of this research is to propose, develop and discuss a didactic sequence for a set of investigative activities, in increasing levels of complexity, which allows the experimental construction of the torque concept and the Lever Law based on Vygotsky's Human Development Theory and in the Investigative Teaching Sequences (SEI) proposed by Carvalho, in favor of Scientific Literacy. For this, the following steps were developed: presentation of a problem situation; survey of students' prior knowledge; development of experimental investigative activities in a science center; application of scientific concepts developed through the use of a lever; self-evaluation; final evaluation using the PhET Colorado simulator. The steps developed enabled students to: organize / reorganize the information given; raise and test hypotheses; justify the answers given; predict / reassess results; explain the process and results used. Such actions are configured as indicators of Scientific Literacy used as parameters for the evaluation of the didactic sequence. The actions developed also enabled reflections on the importance of teaching intervention / mediation and the interaction between teacher, students and content. The results point to the need to plan continuous activities for teaching physics in non-formal education spaces in favor of Scientific Literacy.

Keywords: Science center, investigative activities, scientific literacy

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha de ação de uma força .....	63
Figura 2: O braço de alavanca .....	63
Figura 3: Exemplo de cálculo do torque através da decomposição de uma força.....	65
Figura 4: Decomposição da força F.....	65
Figura 5: Gangorra com apoios extras.....	68
Figura 6: Gangorra sem apoios extras .....	68
Figura 7: Gangorra em equilíbrio .....	69
Figura 8: Alavanca interfixa .....	70
Figura 9: Alavanca inter-resistente.....	71
Figura 10: Alavanca interpotente .....	71
Figura 11: Alavanca em equilíbrio estático .....	72
Figura 12 – Kit experimental.....	79
Figura 13: Primeira visita ao Centro de Ciências .....	81
Figura 14: Capacitação dos monitores no Centro de Ciências da UFJF .....	84
Figura 15: João e Maria na gangorra .....	85
Figura 16: Resposta dos alunos monitores referente à primeira questão. ....	97
Figura 17: Resposta dos alunos monitores referente à segunda questão.....	97
Figura 18: Resposta dos alunos monitores referente à terceira questão .....	97
Figura 19: Resposta dos alunos monitores referente à quarta questão .....	98
Figura 20: João e Maria na gangorra .....	99
Figura 21: Visita investigativa ao Centro de Ciências da UFJF .....	104
Figura 22: Ilustração da questão 1 .....	120
Figura 23: Resposta do grupo 8 referente à questão 1 .....	121
Figura 24: Resposta do grupo 9 referente à questão 1 .....	121
Figura 25: Ilustração da questão 2 .....	122
Figura 26: Resposta do grupo 3 referente à questão 2.....	122
Figura 27: Resposta do grupo 4 referente à questão 2.....	122
Figura 28: Resposta do grupo 9 referente à questão 2.....	123
Figura 29: Ilustração da questão 3 .....	123
Figura 30: Resposta do grupo 3 referente à questão 3.....	124
Figura 31: Resposta do grupo 5 referente à questão 3.....	124
Figura 32: Resposta do grupo 9 referente à questão 3.....	125
Figura 33: Resposta do grupo 7 referente à questão 3.....	125
Figura 34: Ilustração da questão 4.....	126
Figura 35: Resposta do grupo 3 referente à questão 4.....	127
Figura 36: Resposta do grupo 5 referente à questão 4.....	127
Figura 37: Resposta do grupo 9 referente à questão 4.....	128
Figura 38: Resposta do grupo 7 referente à questão 4.....	128
Figura 39: Resposta do grupo 1 referente à questão 4.....	129
Figura 40: Resposta do grupo 6 referente à questão 4.....	129
Figura 41: Ilustração da questão 5 (situação 1) .....	130
Figura 42: Resposta do grupo 3 referente à questão 5 (situação 1).....	131
Figura 43: Ilustração da questão 5 (situação 2) .....	131
Figura 44: Resposta do grupo 3 referente à questão 5 (situação 2).....	132
Figura 45: Resposta do grupo 1 referente à questão 5 (situação 2).....	132

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Campo de atuação dos instrumentos e signos .....	34
Quadro 2 – Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em aulas de resolução de problemas.....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEAD	Centro de Educação a Distância
CM	Centro de Massa
CG	Centro de Gravidade
DER/MG	Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais
MEC	Ministério da Educação
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCN	Parâmetros Nacionais Curriculares
PhET	Physics Education Technology
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal
ZDR	Zona de Desenvolvimento Real

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Sigma$	Somatório
d	Distância
F	Força
g	Gravidade
m	Massa
M	Momento de uma força ou torque
P	Peso

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos da dissertação .....	15
1.1.1 Objetivo geral .....	15
1.1.2 Objetivos específicos .....	16
1.2 Organização da dissertação .....	16
2. TRAJETÓRIA PROFISSIONAL.....	18
3. ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO FORMAL.....	22
3.1. Espaços educacionais .....	22
3.2 Os centros de ciências como espaços de formação científica .....	24
3.3 Aprendizagens em Centros de Ciências.....	26
3.4 Centros de Ciências: a importância desses espaços de educação não formal.....	27
3.5 Missão do Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora .....	28
3.6 Atividades investigativas em Centros de Ciências .....	29
4. O TRABALHO COM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS DE FÍSICA NAS PERSPECTIVAS DE CARVALHO E NA TEORIA DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DE VYGOTSKY .....	32
4.1 A Teoria do desenvolvimento humano de Vygotsky .....	32
4.1.1 A Zona de Desenvolvimento Proximal .....	34
4.1.2 A Aprendizagem científica segundo Vygotsky .....	37
4.1.3 O papel da mediação nos processos de ensino-aprendizagem .....	38
4.2 Ensino por investigação.....	40
4.2.1 As diferentes abordagens de ensino para a utilização de atividades investigativas .....	43
4.2.2 A proposta investigativa em questão .....	45
4.2.3 Os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino por investigação .....	46
4.2.4 A avaliação dos conteúdos no ensino por investigação.....	47
4.3 A Alfabetização Científica .....	48
5.EQUILÍBRIO ESTÁTICO DOS CORPOS SÓLIDOS E O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA ALAVANCA .....	51
5.1 As condições de equilíbrio.....	52
5.2 Peso e massa de um corpo .....	53
5.3 O centro de gravidade e o centro de massa .....	54

5.4 O princípio de funcionamento das alavancas .....	61
5.5 Tipos de alavancas .....	70
5.6 Arquimedes – Postulados e proposições sobre o equilíbrio estático dos corpos .....	74
6. O PRODUTO EDUCACIONAL, A METODOLOGIA APLICADA E AS ANÁLISES DOS RESULTADOS .....	77
6.1 A escolha do público-alvo.....	77
6.3 O kit experimental .....	78
6.4 O produto educacional: Desenvolvimento de uma sequência didática.....	81
6.4.1 A primeira visita ao Centro de Ciências da UFJF .....	81
6.4.2 A capacitação dos alunos monitores .....	83
6.4.3 Aplicação da Sequência didática com os alunos monitores.....	87
6.4.4 A sequência didática com a turma .....	98
6.4.5 Os indicadores da Alfabetização Científica evidenciados na aplicação da SD.....	133
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	143
APÊNDICE A – CADERNO DE ATIVIDADES DO ALUNO .....	148
APÊNDICE B – DEFINIÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE A PARTIR DA LEI DA ALAVANCA.....	170
APÊNDICE C – O PRODUTO EDUCACIONAL .....	173

## 1. INTRODUÇÃO

Há mais de vinte anos, iniciava a minha carreira profissional como professor de Física. Durante todo esse tempo, o desafio de buscar metodologias que pudessem favorecer aprendizagens significativas, alimentou o meu desejo de ministrar aulas atrativas e produtivas. Mesmo tendo concluído uma pós-graduação em Ensino de Física e um Mestrado em Educação, o Mestrado Profissional em Ensino de Física sempre foi o meu desejo maior.

Desenvolver um produto aplicável nos espaços educacionais, sem dúvida alguma, possibilita uma formação com metodologias diferenciadas comparadas à formação tradicional que tive. Dessa forma, a possibilidade de trabalhar com experimentos de física através de propostas investigativas de ensino e aprendizagem abrem as portas para que eu possa promover maiores possibilidades de aprendizagens que favoreçam a alfabetização científica.

Em um mundo cada vez mais globalizado, os desafios relacionados ao ensino e à aprendizagem se tornam ainda mais desafiadores. Os espaços de educação não formal, como o Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, podem cumprir um importante papel relacionado ao ensino e aprendizagem. Assim, é necessário nesses espaços, articulações de práticas pedagógicas que busquem superar as visitas puramente tradicionais/motivacionais e que promovam, de fato, aprendizagens relacionadas aos conceitos científicos.

A sequência de atividades investigativas sobre “Equilíbrio estático dos corpos sólidos e a lei da alavanca” desenvolvida nesta pesquisa, utilizando espaços de educação formal e não formal, apresenta suporte teórico nas SEI propostas por Carvalho (2013) e na Teoria de Desenvolvimento Humano de Vygotsky. Ela foi planejada de forma contínua com o objetivo de estabelecer situações de ensino-aprendizagem que pudessem favorecer a construção e compreensão de conceitos científicos.

Esta pesquisa justifica-se, portanto, pelo desenvolvimento de sequências de atividades investigativas realizadas em espaços de educação formal e não formal a favor da alfabetização científica.

### 1.1 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

#### 1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver uma sequência didática para o entendimento do conceito de torque e da lei da alavanca por meio de atividades experimentais investigativas baseadas na Teoria de



Desenvolvimento Humano de Vygotsky e nas Sequências de Ensino Investigativo – SEI (Carvalho, 2013).

### 1.1.2 Objetivos específicos

A seguir estão destacados os principais objetivos específicos que surgiram durante todo o planejamento e desenvolvimento desta pesquisa:

- ✓ Elaborar uma sequência didática em que a estruturação e organização das atividades experimentais investigativas possibilitem ao aluno construir o conceito de torque.
- ✓ Desenvolver uma sequência didática através de atividades experimentais investigativas intercalando momentos na escola com momentos no Centro de Ciências da UFJF.
- ✓ Possibilitar aos alunos construir o conceito de torque a partir de atividades experimentais investigativas.
- ✓ Discutir os princípios de funcionamento da alavanca a partir de atividades experimentais investigativas.
- ✓ Estimular nos estudantes uma postura participativa e interativa.
- ✓ Relacionar as atividades investigativas realizadas, no laboratório de Física do Centro de Ciências da UFJF, com o experimento da alavanca presente no salão principal do referido espaço.
- ✓ Apresentar possibilidades de aproximação entre as escolas públicas de educação básica e o Centro de Ciências da UFJF.
- ✓ Avaliar os resultados obtidos na aplicação da sequência didática.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O planejamento e desenvolvimento desta dissertação, com o intuito de promover possibilidades de aprendizagens que favoreçam a chamada alfabetização científica, são apresentados segundo os capítulos descritos a seguir:

No Capítulo 1, há uma apresentação dos objetivos e estruturação da dissertação.

No Capítulo 2, há uma apresentação sobre a minha formação profissional e as justificativas que me motivaram a realizar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

No Capítulo 3, há uma breve introdução sobre as contribuições de diversos autores sobre os Centros de Ciências como espaço não formal de produção do conhecimento científico.

No Capítulo 4, intitulado “O trabalho com atividades investigativas de Física nas perspectivas de Carvalho e na teoria do desenvolvimento humano de Vygotsky”, apresentamos os referenciais teóricos utilizados no planejamento e aplicação do produto.

No Capítulo 5, apresentamos os conteúdos de física trabalhados durante a sequência didática.

No Capítulo 6, relatamos de forma detalhada a metodologia aplicada no desenvolvimento da pesquisa e análises dos resultados obtidos. Há, portanto, uma descrição minuciosa do planejamento, elaboração e execução de todas as atividades desenvolvidas.

No Capítulo 7, apresentamos as considerações finais.

Procuramos deixar claro que as possibilidades de desenvolvimento das atividades investigativas propostas não esgotam a necessidade da busca constante pelo conhecimento e pelas metodologias que possam favorecer a alfabetização científica.

Por fim, temos os apêndices que apresentam o caderno de atividades dos alunos (Apêndice A), a definição do centro de gravidade a partir da Lei da alavanca (Apêndice B) e o produto educacional desenvolvido (Apêndice C).

## 2. TRAJETÓRIA PROFISSIONAL

Uma pesquisa qualitativa é sempre, de alguma forma, um relato da longa viagem empreendida por um sujeito, cujo olhar vasculha lugares muitas vezes já visitados. Nada de absolutamente original, mas um modo diferente de olhar e pensar determinada realidade a partir de uma experiência e de uma apropriação do conhecimento que são, aí sim, bastante pessoais.

Sobre uma perspectiva sócio-histórica, busco superar os reducionismos das concepções empiristas e idealistas. É o que Vygotsky (1896 – 1934) apresenta como “a crise da psicologia” de seu tempo, que se debate entre modelos que privilegiam ora a mente e os aspectos internos, ora o comportamento externo.

Como pesquisador, tenho a plena consciência de que faço parte da própria situação de pesquisa, sendo a neutralidade impossível, pois as minhas ações e os seus efeitos se tornam elementos de análise.

Portanto, faz-se oportuno relatar a minha história no que se refere ao ensino de Física, pois os meus pressupostos surgem desse caminhar, resultando no trabalho de investigação proposto.

Filho de um engenheiro civil e de uma professora de educação infantil, nasci, em 1973, no Estado de São Paulo, em uma cidade chamada Taubaté, onde vivi os meus primeiros anos de vida.

Durante o ano de 1976, meu pai foi aprovado no concurso realizado pelo Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais (DER-MG). Conseqüentemente, mudamos para uma cidade do interior de Minas Gerais, Ubá. Nessa cidade, comecei a trajetória da minha formação básica, passando por escolas públicas (Escola Estadual Antonina Coelho e Escola Estadual Anexa Doutor Levindo Coelho) e particulares (Colégio Sagrado Coração de Maria e Equipe).

A Escola Estadual Anexa Doutor Levindo Coelho, onde realizei a maior parte do ensino fundamental, era frequentada por alunos de todas as classes sociais.

Independentemente do nível social, ocorriam, frequentemente, interações das famílias com a escola: reuniões pedagógicas, festas temáticas, projetos, concursos literários, etc.

Ao concluir a antiga oitava série, fui cursar o ensino médio em uma escola particular. O fato de ter estudado em escolas públicas, em nada prejudicou meu seguimento nos estudos. Sentia-me preparado para aprofundar nos assuntos abordados no ensino fundamental.

Quando estava cursando o antigo científico, começaram as angústias, pois não sabia qual profissão escolher. Apesar de não existir uma cobrança explícita dos meus familiares, havia uma autocobrança alimentada pela observação de que alguns dos meus colegas já sabiam

o caminho a seguir. Sentia a necessidade de fazer planos para o futuro, traçar estratégias, a fim de alcançar um objetivo até então desconhecido.

Lembro-me bem de quando acompanhava meu pai em suas obras de estrada, onde era colocado em prática todo o conhecimento que ele havia adquirido durante a sua formação. Aquilo de que mais gostei, dentre as diversas visitas de campo, foi da maneira como ele superava os constantes imprevistos. Na maioria das vezes, o projeto inicial era todo modificado no decorrer de sua execução. O importante era redimensionar o projeto a fim de se obter o melhor custo/benefício da obra.

Por influência dessas visitas, fiquei interessado pela fascinante e desafiadora forma de superar obstáculos em obras de estradas e comecei a estudar para o vestibular de Engenharia Civil.

Em 1991 passei no vestibular da UFJF para Engenharia civil. As primeiras disciplinas da grade curricular do curso de Engenharia Civil eram os Cálculos e as Físicas.

As atividades experimentais realizadas nos primeiros semestres do curso serviam para comprovar resultados previamente estabelecidos. Tais experimentos, quando trabalhados apenas como enfoque comprobatório, não permitem que se aflore o desejo do aluno pelo conteúdo abordado. É uma prática em que o desejo aponta somente para o resultado final, não se preocupando com o processo. Desta forma, as leis, os princípios e as equações são estruturados de forma distante da prática cotidiana dos alunos.

Em 1993, quando comecei a questionar a forma tradicional de ensinar, focada em resultados, o destino “podou” o meu maior apoio. Em um acidente de carro, perdi meu pai, o grande e fundamental incentivador para a minha formação. Durante este ano, escrevi a pior página de minha vida: depressão e solidão. Já em 1994, retomei meus estudos e tracei como meta o diploma de Engenheiro Civil, o qual dedicaria a meu pai.

Em 1998 formei em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Uma semana após a colação de grau, participei de uma seleção para engenheiros de uma construtora e fui contratado para trabalhar na reforma do Banco do Brasil em São João Del Rey. Trabalhei, durante um ano e meio, em obras de construção civil, pude aprender na prática muitas das teorias abordadas na universidade que não saíam do papel.

Aos poucos, fui percebendo que a atividade de um engenheiro não me realizaria profissionalmente. Mas, um grande desafio eu carreguei durante toda a minha formação universitária: como um professor poderia ensinar Física de forma que o aluno tivesse uma aprendizagem científica?

Então, resolvi fazer o curso de Licenciatura plena em Física, na Faculdade Souza Marques no Rio de Janeiro, e ao mesmo tempo, passei a lecionar esse conteúdo em uma escola estadual em Juiz de Fora. A partir daí, encontrei-me fascinado pelo ato de ensinar e aprender. Os obstáculos eram muitos, mas o desejo para ultrapassá-los tornava-se cada vez maior.

Ao começar a traçar uma trajetória rumo a uma educação de qualidade, deparei-me com alguns questionamentos: “como”, “para quê”, “o quê”, e “para quem” ensinar? Esses questionamentos se tornaram frequentes na minha prática pedagógica e serviram de motivação para uma constante investigação educacional.

Buscando uma formação contínua, em 2003 concluí o curso de pós-graduação *Lato-Sensu* com nível de especialização em Metodologia do Ensino de Física no Ensino Médio pela Faculdade Integrada de Jacarepaguá no Rio de Janeiro. A monografia apresentada à banca foi intitulada em “Eletricidade: novos desafios de ensino”. A ideia central desse projeto foi um ensino de qualidade, no conteúdo de eletricidade, para os alunos da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública de Juiz de Fora. Através de visitas realizadas à Usina Hidrelétrica de Marmelos em Juiz de Fora, eles puderam compreender todo o sistema de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, que foram abordados teoricamente em sala de aula. Além de estabelecer relações entre a teoria e a prática, os alunos passaram a conhecer um pouco mais da história de sua cidade, uma vez que todo o projeto foi realizado de uma forma contextualizada.

Além de uma formação contínua, faz-se necessário ao educador a utilização das diversas “ferramentas tecnológicas” no cotidiano escolar. Na maioria das escolas públicas, elas resumem-se à caixa de giz e ao quadro negro.

Na tentativa de inovar, participei do curso de atualização e aperfeiçoamento “TV na escola e os desafios de hoje”, coordenado pela Universidade de Brasília (UnB) e outras universidades consorciadas, com o apoio do MEC. O objetivo principal do curso foi mostrar ao educador que, hoje, todo profissional comprometido com a formação de crianças, jovens e adultos precisa trabalhar com as tecnologias de modo autônomo, criativo e crítico. Precisa também integrá-las harmoniosamente em um projeto político-pedagógico, cujo foco esteja na qualidade de uma educação cidadã. Durante a realização das tarefas, pude perceber a importância dos meios tecnológicos como apoio didático, à medida que possibilitava o meu desenvolvimento profissional, o enriquecimento das atividades de aprendizagem em sala de aula, e até mesmo na articulação entre a escola e a comunidade através de propostas de projetos interdisciplinares.

Mesmo através da participação de cursos de atualização e de aperfeiçoamento por parte dos professores, os alunos continuam a apresentar um baixo rendimento na disciplina Física. O

que, então, está errado? Têm-se novas ideias, professores mais preparados que utilizam as diversas “ferramentas tecnológicas”, porém não se consegue atingir o objetivo a que se destina a escola: formar cidadãos críticos e autônomos. Continua o adestramento, talvez mais sofisticado, mas pouco produtivo e não formador de novas atitudes. É clara a discordância entre o discurso emitido pelo professor e o absorvido pelo aluno.

Então, pergunta-se: por que o aluno do Ensino Médio não relaciona o que é estudado em sala de aula com o que ele já sabe de suas experiências vivenciais? Por que a Física ensinada nas escolas não interage com o seu cotidiano? Por que existe uma “infinita” distância entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana? Sabemos que o aluno traz consigo toda uma bagagem de vida que pode ser aproveitada pelo professor. Grandezas físicas como força, distância, velocidade, temperatura, aceleração, potência, torque, entre outras, são comuns no nosso dia a dia. Por que, então, esses conceitos absorvidos no decorrer da vida não se relacionam com os mesmos conceitos abordados em sala de aula?

A linguagem utilizada pelo aluno em função de sua experiência de vida serve de base para obtenção de novos conhecimentos. Portanto, por que desprezá-la?

Na tentativa de encontrar um ponto de equilíbrio entre o ensino e a aprendizagem, comecei a utilizar em sala de aula experiências relacionadas a fenômenos naturais observados no cotidiano. Ainda assim, a utilização de experimentos em sala de aula como demonstrações das teorias abordadas não apresentou os resultados esperados. O objetivo principal é que os alunos possam se tornar pesquisadores, ou seja, sejam investigadores de situações-problema.

Dessa forma, esta pesquisa busca contribuir para um “novo olhar” para o ensino de física através de atividades investigativas que possam favorecer a alfabetização científica. Para isso, foram utilizados espaços de educação formal (Escola) e espaços de educação não formal (Centro de Ciências) a partir de planejamentos contínuos.

No capítulo 3 há contribuições de diversos autores sobre a utilização de Centros de Ciências como espaços de educação não formal que podem favorecer a chamada alfabetização científica.

### 3. ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO FORMAL

O produto educacional desenvolvido (sequência didática apresentada no capítulo 6) intercalou momentos entre espaço de educação formal (Instituição Escolar) e espaço de educação não formal (Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora). Desta forma, faz-se necessário apresentar o que esses ambientes representam, quais seus objetivos e como podem contribuir para uma educação básica que favoreça a alfabetização científica.

#### 3.1. ESPAÇOS EDUCACIONAIS

Para Gaspar e Hamburguer (2004), a educação formal refere-se a todo processo educativo que ocorre em instituições como escolas e universidades, que apresentam programas e currículos segundo um modelo de ensino sistemático e organizado. Como educação não formal, consideram que existem disciplinas, currículos e programas, porém, sem o objetivo de alcançar determinado grau ou diploma oficial.

Gaspar e Hamburguer (2004) consideram que tanto os museus como os centros de ciências se ajustam às características da educação não formal.

Uma perspectiva é apresentada por Gastal et al (2011) sobre educação formal e não formal ao destacarem que:

A educação formal é, em geral, levada a cabo em espaços ou ambientes formais de educação – as escolas. Elas são instituições mais conhecidas por desempenhar o papel social de oferecer educação básica em nossa sociedade; ainda que não sejam as únicas que realizam essa tarefa e, talvez, nem mesmo as que cumprem de forma mais eficaz. Os museus e espaços similares, chamados de espaços não formais de educação, desenvolvem programas educativos, inclusive de apoio à educação formal (GASTAL et al, 2011, p.35-36).

Gastal et al (2011) consideram que a relação entre a educação formal e a não formal devem ocorrer num processo *continuum*, ou seja, as diferentes estratégias de ensino devem transitar de forma a tornarem as duas próximas, independente dos espaços onde ocorrem. Dessa forma, os autores afirmam que não se trata de uma continuidade entre as modalidades de educação, mas sim da necessidade de uma maior aproximação entre elas, que possa favorecer a formação básica do aluno.

Ao pensar sobre o papel de um espaço de educação não formal como um Centro de Ciências, Gaspar levanta duas questões:

- I) É possível o ensino informal de ciências se ele implica, com raríssimas exceções, numa abordagem superficial que não permite uma compreensão mais aprofundada de seus conteúdos básicos?
- II) É viável o processo ensino-aprendizagem num ambiente informal como um museu ou centro de ciências? (GASPAR, 1993, p.35).

Gaspar traz uma importante reflexão sobre as instituições de educação não formal. Ao pensar sobre uma formação básica científica, a escola deve buscar parcerias que ajudem a superar abordagens superficiais e que promovam a chamada alfabetização científica. Mas, afinal, como os Centros de Ciências podem contribuir nesse sentido?

Para buscar respostas às questões levantadas, vamos inicialmente conceituar alfabetização científica. Segundo Shen (apud Gaspar, 1993, p.35), a alfabetização em ciências se classifica em três espécies:

- (I) Prática: tipo de conhecimento teórico ou científico que ajuda a resolver problemas práticos, de uso imediato.
- (II) Cívica: conhecimento científico que permite ao cidadão atuar facilmente, de forma consciente.
- (III) Cultural: conhecimento cuja motivação reside no desejo de estar a par das conquistas científicas da humanidade.

A alfabetização científica implica, portanto, em aspectos como: compreender conceitos-chaves e princípios das ciências; ter consciência das formas como as ciências e as tecnologias são criações humanas que apresentam aplicações e limitações; capacitar pessoas para uma forma científica de pensar e usar o conhecimento.

O papel da escola, no que diz respeito a promover a alfabetização científica, apresenta suas limitações. As mudanças tecnológicas e conquistas das ciências não são acompanhadas pelos currículos escolares. A inclusão de novos conceitos ou teorias exige tempo, ou seja, prudência até que o novo conhecimento seja consolidado.

Outra limitação das escolas de educação básica é a falta de espaços e equipamentos para a realização de atividades experimentais.

A promoção da alfabetização científica não deve, portanto, ser função apenas das escolas. Dessa forma, as instituições de educação não formal devem apresentar, entre seus objetivos, atividades educativas que favoreçam o desenvolvimento do conhecimento científico.



### 3.2 OS CENTROS DE CIÊNCIAS COMO ESPAÇOS DE FORMAÇÃO CIENTÍFICA

Segundo Jacobucci (2006), os centros de ciências surgiram pela necessidade de melhorar o ensino de ciências no país. A autora considera que o termo “centro” se relaciona a espaço dinâmico e interativo de divulgação científica.

Castillo (2006) considera os centros de ciências como espaços apropriados para: exibição e utilização de equipamentos interativos; apresentação de exposições temporárias sobre temas específicos; apresentação de atividades de popularização das ciências e tecnologias; desenvolvimento de atividades educativas que favoreçam a compreensão de princípios científicos; popularização de descobertas das ciências e dos avanços tecnológicos.

De certa forma, Castillo (2006) e Jacobucci (2006) deixam claro que os centros de ciências devem apoiar a educação escolar (educação formal) favorecendo a aprendizagem de conceitos pontuais, popularizando a ciência e tecnologia, estimulando vocações orientadas às áreas afins, e disponibilizando espaços de convivência e interação para atividades investigativas. Desta forma, consideram que tais espaços são resultados de ações concretas que visam tanto à divulgação científica quanto a melhoria da formação científica dos alunos.

Gaspar e Hamburguer (2004) chamam a atenção para o fato de que as pesquisas que relatam aprendizagens de ciências em espaços não formais ainda não oferecem uma conceituação definida dessas instituições e nem um referencial teórico para o processo de ensino-aprendizagem que nelas se desenvolve. Os autores ao argumentarem, deixam clara a necessidade de uma proposta educacional:

...é importante lembrar que a falta de uma proposta educacional adequada e consistente pode criar expectativas infundadas ou inalcançáveis que, muitas vezes, comprometem e até inviabilizam outras iniciativas do gênero. Devemos lembrar que os recursos destinados à educação, sobretudo nos países em desenvolvimento, são escassos e essas instituições raramente são consideradas prioritárias. Por essas razões, é muito importante definir que tipo de ação educacional os museus e centros de ciências podem desenvolver e que referencial teórico fundamenta essa ação (GASPAR; HAMBURGUER, 2004, p.115-116).

Existe, portanto, por parte dos autores uma constante preocupação: como esses espaços de educação formal (escola) e não formal (Centros de Ciências) se relacionam?

Gaspar (2002) considera que o ensino nos espaços de educação não formal deve promover a alfabetização científica, ou seja, estabelecer uma base cultural científica mínima necessária à integração consciente do visitante a uma sociedade moderna. Entende-se por base

cultural científica mínima como um conhecimento mínimo sobre a ciência construída pela humanidade que atenda a uma formação educacional básica.

Marandino (2008) considera os centros de ciências como locais de divulgação científica e de educação para a ciência. Nesses espaços, segundo a autora, a educação apresenta determinadas particularidades relacionadas aos objetivos, ao tempo, ao espaço e à linguagem. O tempo de envolvimento durante as visitas, por exemplo, costuma ser muito breve para a realização de atividades científicas. Dessa forma, as visitas ocorrem, normalmente, de forma esporádica ou momentânea, sem que apresentem um planejamento contínuo, o que pode implicar em confrontos de expectativas dos alunos.

Como resposta às melhorias necessárias ao ensino de ciências no Brasil, a utilização dos centros de ciências é vista como uma boa alternativa. Porém, Gago apresenta algumas ressalvas, ao destacar que:

Há por vezes a tentação de mimetizar, num centro de ciências, o currículo escolar. O centro seria assim a receita mágica para suprir o deficiente ensino experimental na escola, compilando módulos de demonstração de acordo com as rubricas escolares. Este modelo esquece que a aprendizagem experimental das ciências exige tempo e organização; procede por aprendizagens sucessivas e desdobra-se em protocolos definidos, em modos de observação, registro, análise e confrontação e debate de observações e medidas que são normalmente incompatíveis com os tempos e os modos de visita a um museu ou centro de ciências (GAGO, 2006, p.607).

Para os autores, Gago (2006), Gaspar (2004), Hamburguer (2004) e Castillo (2006), os espaços de educação não formal apresentam papel de grande relevância na divulgação científica e também pelas ações de ensino que possam favorecer a alfabetização científica.

Bizerra e Marandino (2009) citam alguns fatores que influenciam a aprendizagem em centros de Ciências: motivação, expectativa, experiência, conhecimentos prévios, interesses, escolhas, mediação social, entendimento conceitual, orientação do espaço físico, design da exposição, conteúdos apresentados. Os autores consideram que o campo de pesquisa em aprendizagem em centros de ciências apresenta-se estruturado, com referenciais teórico-metodológicos claros, com contínuos fortalecimentos e reformulações. Porém, ressaltam a necessidade de desenvolvimento de “(...) pesquisas mais verticais que deem conta da variedade de experiências que ocorrem nos museus e, também, mais horizontais, que compreendam essas experiências em conexões com a vida integral dos sujeitos” (BIZERRA; MARANDINO, 2009, p.10).

Em pesquisa realizada por Marandino (2001), a autora traz uma reflexão sobre a relação entre museu e escola. Como professora, ela procurou refletir sobre sua prática pedagógica em

um museu de ciências. A visita realizada por ela foi com uma turma de nono ano do ensino fundamental. Além das atividades desenvolvidas no museu de ciências pelos alunos, houve continuidade do trabalho na escola. Nesses diferentes momentos das experiências educacionais, foram realizados registros dos fatos e das falas dos alunos que serviram para as reflexões avaliativas.

A partir dos registros realizados durante a visita, Marandino destaca alguns fatos importantes:

Observou-se que os alunos se organizavam em pequenos grupos ao redor dos modelos, geralmente juntos às duplas que estavam realizando o trabalho proposta em aula. Esses pequenos grupos manipulavam coletivamente os modelos pedagógicos, levantavam hipóteses sobre o que estava ocorrendo, propunham soluções, demonstravam os modelos para os colegas, faziam brincadeiras, estimulavam outros colegas a manipularem outros modelos, etc. (2001, p.91).

A autora destaca também que durante a visita procurou orientar os alunos tirando dúvidas e incentivando-os a explorarem os modelos e espaços educativos disponibilizados. Em alguns momentos, afirma que foi possível fornecer explicações mais profundas sobre os fenômenos abordados, inclusive estabelecendo relações com os assuntos estudados em sala de aula.

Diante da pesquisa realizada Marandino concluiu que:

Em linhas gerais, pode-se dizer que os museus trabalham com o saber de referência tanto quanto a escola, porém dão a este saber uma organização diferenciada, além de utilizarem linguagens próprias. Assim, o museu se diferencia da escola não só quanto a seleção e amplitude dos conteúdos abordados, como também em relação à forma de apresentação deles. Os museus de ciências pretendem assim ampliar a cultura científica dos cidadãos, promovendo diferentes formas de acesso a este saber (2001, p.93).

A autora considera, portanto, que a relação entre museu e a escola deve visar à ampliação da cultura científica, fortalecendo os conhecimentos trabalhados em ambos. Dessa forma, os conteúdos se tornam mais dinâmicos, uma vez que possibilitam ao aluno perceber diferentes formas de articulação entre os temas abordados.

### 3.3 APRENDIZAGENS EM CENTROS DE CIÊNCIAS

A aprendizagem nos Centros de Ciências é marcada, na maioria das vezes, pelo enorme grau de liberdade dos alunos e visitantes. Eles circulam pelos espaços conforme seus desejos e

curiosidades. Em outros casos, os alunos são guiados por bolsistas que formam pequenos grupos para explicarem os fenômenos observados.

Conforme destaca Marandino (2001), diversas pesquisas têm mostrado o potencial dos Centros de Ciências como espaços de aprendizagens científicas. A autora ainda destaca que tais espaços interativos possibilitam ao aluno uma melhor aquisição de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Mesmo reconhecendo a sua importância, Cuesta et al (2000) alertam para o fato de o processo de aprendizagem nos Centros de Ciências possuírem características diferenciadas. Segundo esses autores, as aprendizagens nesses espaços se realizam de forma espontânea, muitas vezes individualizada, atingindo níveis diferentes em função da bagagem de conhecimentos que cada um possui, de suas experiências, de seus comportamentos e atitudes e, por fim, dos seus interesses.

#### 3.4 CENTROS DE CIÊNCIAS: A IMPORTÂNCIA DESSES ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO NÃO FORMAL.

A escola de educação básica não se constitui como um único espaço para a formação da chamada alfabetização científica. Os espaços de educação não formal, como os Centros de Ciências, também devem cumprir esse papel. Autores como Sabbatini (2003), Marandino (2003), Jacobucci (2008) e Biasutti (2011), entre outros, trazem importantes contribuições nesse sentido.

Segundo Marandino, devem ocorrer articulações das práticas pedagógicas desenvolvidas na escola com as ações realizadas nos espaços de educação não formal, uma vez que:

Os espaços sociais de educação vêm se ampliando frente à constatação de que hoje existem distintos locus de produção da informação e do conhecimento, de criação e reconhecimento de identidades e de práticas culturais e sociais. Diferentes “ecossistemas educativos” vêm sendo propostos como novos espaços-tempo de produção de conhecimentos necessários para formação de cidadanias ativas na sociedade (2003, p.184).

As atividades desenvolvidas nos Centros de Ciências devem apresentar um caráter interativo, de maneira a contribuírem para provocar uma mudança de atitude dos estudantes em relação à ciência. Contudo, o aspecto motivacional não deve ser o único a ser considerado. Os

espaços de educação não formal devem permitir a ampliação de conhecimentos científicos dos estudantes, potencializando a busca por novos saberes.

Biasutti et al. (2011) realizaram importantes estudos investigativos sobre os motivos que levam os educadores a planejarem visitas com seus estudantes a um Centro de Ciências. Para os autores é fundamental: analisar as concepções desses educadores sobre o papel e a função do Centro de Ciências; compreender, a partir das falas dos educadores, como se deu a sua participação durante a visita nesse espaço; identificar se há uma tentativa de articulação por parte dos educadores entre as ações desenvolvidas no contexto escolar e as atividades realizadas no Centro de Ciências.

Assim como Biasutti, os autores Jacobucci (2008) e Sabbatini (2003) consideram os Centros de Ciências como instituições potenciais para a criação de uma cultura científica capazes de conectar os avanços e as questões relacionadas com as ciências e a tecnologia aos interesses dos estudantes. Dessa forma, dentre os principais objetivos dos espaços de educação não formal, destaca-se a possibilidade de aumentar a consciência sobre a função e a importância da ciência na sociedade.

O trabalho realizado nesta pesquisa ocorreu, em parte, no Centro de Ciências da UFJF. Segundo registros disponíveis no site da própria universidade, em torno de quarenta mil pessoas por ano visitam esse espaço, possibilitando o acesso ao conhecimento científico.

Além do acesso, destacamos que para os estudantes e professores, o Centro de Ciências da UFJF desenvolve atividades relacionadas à educação científica nos diferentes níveis de ensino. Há, portanto, um grande interesse em pesquisas investigativas sobre educação científica que possam contribuir para o desenvolvimento de inovações metodológicas, produção de materiais e recursos pedagógicos, despertando o interesse dos alunos pelas ciências e tecnologias.

### 3.5 MISSÃO DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Segundo a Resolução N°30/2018 do Conselho Superior, o Centro de Ciências é um órgão suplementar da UFJF, que apresenta como meta, atender o público acadêmico de todos os níveis de ensino e a sociedade em geral.

É prioridade do Centro de Ciências, estabelecer parcerias entre a UFJF e as escolas de ensino básico e superior. Como missão, apresenta: levar os visitantes a perceberem a

importância da prática de investigação científica ao longo da história da humanidade; despertar um olhar para a ciência com mais curiosidade, consciência, rigor e espírito crítico; fazer com que os jovens e adolescentes vejam a ciência não como constituída de respostas prontas, mas resultado de muito trabalho de observação, experimentação, análises e investigação.

Como objetivos, de acordo com a referida Resolução, o Centro de Ciências da UFJF apresenta: desenvolver atividades relacionadas à Educação Científica com a participação de docentes de quaisquer Unidades Acadêmicas da UFJF; apoiar atividades de Educação Científica e o trabalho docente nas Escolas de Educação Básica; contribuir para a formação inicial de Professores para a Educação Básica em todas as áreas do conhecimento; oferecer atividades, cursos e programas de formação continuada, dirigidos aos Professores da Educação Básica; desenvolver atividades relacionadas à Educação Científica não formal e à divulgação das Ciências e da Cultura Científica; investigar questões relacionadas à Educação Científica e desenvolver inovações, recursos e materiais pedagógicos para o ensino das Ciências nas Escolas de Educação Básica; fomentar o interesse pelas Ciências na população e nos estudantes, despertando talentos para este campo de atividades.

O Centro de Ciências é considerado, portanto, por muitos professores e educadores como um espaço de educação não formal, ou seja, aquela correspondente às iniciativas organizadas de aprendizagem que acontecem fora dos sistemas de ensino. Apesar de muitas vezes se localizar distante das escolas, o Centro de Ciências deve ser visto não como um espaço aberto para visitas, mas sim como um espaço educativo de promoção de desenvolvimento de atividades contínuas e planejadas. Assim, acreditamos que esse espaço possa contribuir significativamente para uma alfabetização científica dos alunos.

É importante ressaltar que o desenvolvimento de atividades no Centro de Ciências pode proporcionar situações significativas de aprendizagem tanto para os alunos como para os próprios professores. Nesse caso, o Centro de Ciências deixa de ser apenas um espaço de visitas esporádicas e passa a ser utilizado como espaço de desenvolvimento de atividades investigativas contínuas.

### 3.6 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EM CENTROS DE CIÊNCIAS

Pesquisas realizadas por diversos autores (MARANDINO, 2010; GAGO, 2006; CASTILLO, 2006) têm mostrado a ampliação dos estudos que investigam as potencialidades dos Centros de Ciências como espaços educativos que contribuem para a formação básica dos

alunos. É visível que cada vez mais os Centros de Ciências têm assumido uma dimensão educativa que procura promover a divulgação das ciências naturais e a alfabetização científica.

Diante do crescimento da utilização dos centros de ciências como espaços de divulgação científica e de produção do conhecimento, surge a seguinte questão: como o ensino por investigação pode emergir em atividades realizadas em um centro de ciências?

Ao buscar a inserção de atividades investigativas em centros de ciências através de visitas agendadas, o professor precisa realizar planejamento prévio, evitando o imprevisto e relacionando os conteúdos abordados na escola com os experimentos interativos disponíveis no centro.

Dessa forma, o ensino da física por investigação possibilita diferentes interpretações e aplicações dos experimentos disponíveis no centro de ciências.

Segundo Sá et al. (2007), as atividades investigativas devem apresentar algumas características específicas, como: as atividades devem valorizar a autonomia dos alunos de forma a desencadear debates; as atividades investigativas devem partir de situações que os alunos possam reconhecer e valorizar; as atividades investigativas devem coordenar teorias e evidências; as atividades investigativas não precisam ser necessariamente experimentais e devem permitir múltiplas interpretações.

As atividades investigativas são, portanto, estruturadas a partir de uma determinada situação-problema. Conforme destacam Sá et al., “Se existe um problema autêntico, provavelmente, existe uma diversidade de pontos de vista sobre como abordá-lo ou resolvê-lo. Por isso, é natural que uma situação-problema desencadeie debates e discussões entre os estudantes” (SÁ et al, 2007, p.9).

Diante do exposto pelos autores, fica evidente que o desenvolvimento de atividades investigativas deve partir de situações-problema que os alunos possam reconhecer e valorizar.

Capecchi (2013) afirma que formular questões problematizadoras não é tarefa simples. É necessário que o problema seja instigante, desafiador e que possa proporcionar ao aluno oportunidades para a construção de novos conhecimentos científicos.

Mas, pensar sobre a situação-problema é apenas uma das preocupações que o professor deverá apresentar durante seu planejamento. Conforme destacam Sá et al (2007), o que faz o ensino investigativo é mais o ambiente de ensino e aprendizagem do que as atividades em si. Em outras palavras, pode-se dizer que os autores acreditam que não são as atividades em si que

determinam se elas são investigativas, mas sim as situações de ensino-aprendizagem que permeiam tais atividades.

Sá et al (2007) destacam que os espaços fora das escolas, como os centros de ciências, podem facilitar a condução das atividades investigativas. Tais espaços, conforme Marandino (2010), possibilitam que as atividades realizadas contribuam não apenas para contentamento e recreação, mas principalmente para a alfabetização científica.

A condução de atividades investigativas a partir de uma situação-problema realizada em um centro de ciências possibilita ao aluno uma postura de protagonista na construção do conhecimento. Dessa forma, se distancia das visitas puramente expositivas na qual, geralmente, o raciocínio está focado no professor e se aproxima de ações reflexivas dos alunos que favoreçam a construção de novos saberes.



#### **4. O TRABALHO COM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS DE FÍSICA NAS PERSPECTIVAS DE CARVALHO E NA TEORIA DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DE VYGOTSKY**

Com o objetivo de desenvolver uma sequência didática a partir de atividades investigativas no Centro de Ciências da UFJF, foram utilizados como fundamentação a Teoria do desenvolvimento humano de Vygotsky e os pressupostos do Ensino por Investigação segundo Carvalho.

Diante de tal desafio, o problema de se atingir uma aprendizagem que favoreça a chamada alfabetização científica chama a atenção não somente nos aspectos cognitivos, como também nos motivacionais: Como o aluno se envolve nas atividades? Eles apresentam interesse ou prazer ao participar de tais eventos? Como o desenvolvimento de atividades investigativas pode contribuir para o aprendizado dos alunos? O Centro de Ciências da UFJF, através de desenvolvimento de atividades investigativas previamente planejadas, poderá se tornar espaço de aprendizado contínuo?

Para o desenvolvimento desta pesquisa, me fiz valer da Teoria do Desenvolvimento Humano de Vygotsky e do Ensino por Investigação. É importante ressaltar que a escolha ocorreu entre as diversas implicações e possibilidades fornecidas por essas teorias, sendo essas suficientes para buscar respostas às indagações, sem qualquer pretensão de esgotar ou explorar totalmente seus alcances.

##### **4.1 A TEORIA DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DE VYGOTSKY**

Lev Semyonovitch Vygotsky nasceu em 5 de novembro de 1896, numa pequena cidade chamada Orsha, na Bielo-Rússia. De uma família judia de classe média, Vygotsky era o segundo de um total de oito filhos. Até aos 15 anos de idade, Vygotsky mostrava grande interesse pela Literatura e assuntos relacionados às artes em geral.

Em 1913, graduou-se com medalha de ouro pelo *Gymnasium* judeu particular em Gomel. Um ano depois, passou a frequentar aulas de História e de Filosofia na Universidade Popular de Shanyavskii. Como trabalho final do curso universitário, escreveu em 1916, a “A tragédia de Hamlet, príncipe da Dinamarca”. Em 1917, formou-se em direito na Universidade de Moscou. Voltando para Gomel, em 1917, trabalhou como professor de literatura, russo, estética, história da arte e psicologia, envolvendo-se com a formação de professores e a educação de deficientes (Freitas, 1998).

A partir da tentativa de compreender a arte como função integrada de aspectos cognitivos e emocionais, Vygotsky esboçou seus conceitos psicológicos. Mesmo buscando compreender os mecanismos da criação artística através da Psicologia, não satisfeito, ele procurou redirecionar os estudos para seu desenvolvimento enquanto ciência (Freitas, 1998).

De acordo com Lev Vygotsky (1987), o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural em que ocorre. Para ele, os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento) têm sua origem em processos sociais: o desenvolvimento cognitivo é a conversão das relações sociais em funções mentais. Portanto, a relação/função ocorre em dois níveis durante o processo: primeiro em nível social (interpessoal, interpsicológica) e depois no interior do sujeito (intrapessoal, intrapsicológica).

Mas a conversão de relações sociais em processos mentais superiores não é direta, é mediada por instrumentos e signos. O instrumento é algo que pode ser usado para se realizar um experimento, ou seja, é um elemento interposto entre o aluno e o objeto de sua experiência, ampliando as possibilidades de transformação da natureza. O machado, por exemplo, corta mais e melhor que a mão humana. Isso ocorre porque a área de contato do machado com o plano de corte é menor que a área de contato entre a mão e esse plano. Assim, ele exercerá uma maior pressão sobre o objeto a ser cortado. A pressão é dada pela relação entre a força e a área de aplicação dessa força, ou seja, quanto maior a área de contato menor será a pressão.

O instrumento carrega consigo a função para a qual foi criado e o modo de utilização é desenvolvido durante a história do trabalho coletivo. É, pois, um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo.

Já o signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento, porém, são elementos orientados para o próprio sujeito, para dentro do indivíduo, chamados por Vygotsky de “instrumentos psicológicos”.

O quadro a seguir representa o campo de atuação dos instrumentos e signos:

Quadro 1 – Campo de atuação dos instrumentos e signos

INSTRUMENTOS	SIGNOS
ELEMENTOS EXTERNOS	ELEMENTOS INTERNOS
SUA FUNÇÃO É PROVOCAR MUDANÇAS NOS OBJETOS E CONTROLAR PROCESSOS DA NATUREZA	BUSCA SOLUCIONAR UM DADO PROBLEMA PSICOLÓGICO (LEMBRAR, COMPARAR COISAS, RELATAR, ESCOLHER, ETC)
AÇÕES CONCRETAS (FAZER UMA EXPERIÊNCIA)	AÇÕES PSICOLÓGICAS (RACIOCÍNIO)

Fonte: Arquivo próprio

Tanto os instrumentos quanto os signos são criados ao longo da história das sociedades e influem decisivamente em seu desenvolvimento social e cultural. Para Vygotsky, é por meio da internalização (reconstrução interna) de instrumentos e signos que se dá o desenvolvimento cognitivo. Quanto mais o sujeito vai utilizando signos, tanto mais vão se modificando, fundamentalmente, as operações psicológicas que ele é capaz de fazer. Da mesma forma, quanto mais instrumentos ele vai aprendendo a usar, mais se amplia a gama de atividades nas quais pode aplicar suas novas funções psicológicas.

As atividades investigativas desenvolvidas na sequência didática, realizadas em parte no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, buscaram propiciar situações que pudessem aumentar a gama de conhecimento científico dos alunos através da interação social.

Como instrumentos e signos são construções sócio-históricas, históricas e culturais, a apropriação destas construções pelo aprendiz se dá primordialmente via interação social. Assim, um ambiente investigativo com atividades em grupo favorece a aprendizagem a partir do momento que possibilita o conflito entre os alunos e, também, entre alunos e professores. Dessa forma, a interação social se torna o veículo fundamental para a construção dinâmica (interpessoal e intrapessoal) do conhecimento.

#### 4.1.1 A Zona de Desenvolvimento Proximal

Segundo Vygotsky, o único bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige. Analogamente, a única boa aprendizagem é aquela que está avançada em

relação ao desenvolvimento. Mas, para chegar a formular tais evidências, assim como o conceito de desenvolvimento proximal, Vygotsky (2001) supõe a seguinte situação: sejam duas crianças com nível de desenvolvimento atual de 8 anos, ou seja, crianças que podem realizar tarefas, de forma independente, com grau de dificuldade padronizado para essa idade. Isso nos levaria a concluir que essas crianças possuem o mesmo desenvolvimento mental e conseqüentemente teriam o mesmo desempenho para aprender.

Porém, se for oferecido a essas crianças auxílio para realizar tarefas além daquelas correspondentes ao nível de desenvolvimento atual, as crianças terão desempenhos diferentes. Esse auxílio pode ser oferecido por outras pessoas mais capazes, através de “demonstrações, perguntas sugestivas, início de solução, etc.” (VYGOTSKY, 2001, p. 327).

Em um dos exemplos citado por Vygotsky, considera que uma criança de 8 anos realizará tarefas correspondentes à idade de 12 anos, enquanto uma segunda realizará tarefas correspondentes à idade de 9 anos. Vygotsky chega à conclusão que as crianças com o mesmo nível de desenvolvimento atual têm desempenhos diferentes para aprender quando orientadas por outros mais experientes.

Essa diferença entre doze e oito ou entre nove e oito, é o que nós chamamos a zona de desenvolvimento proximal. Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (VYGOTSKY, 1984, p.97)

De acordo com as pesquisas realizadas por Vygotsky, as crianças com zonas de desenvolvimento proximal diferentes têm desempenho escolares diferentes mesmo que possuam o mesmo nível de desenvolvimento real. Isso resulta em implicações significativas para o processo educacional que ocorre nas escolas. Embora os alunos possuam a mesma idade cronológica e supostamente o mesmo nível de desenvolvimento mental, cada um terá um nível potencial de desenvolvimento quando auxiliado pelo professor ou por amigos mais experientes. Assim, a zona de desenvolvimento proximal representa o espaço de possibilidades de realizar tarefas que não poderiam ser efetuadas de forma independente.

Para Vygotsky, é justamente na zona de desenvolvimento proximal que se pode produzir o aparecimento de novas maneiras de pensar através da ajuda de outras pessoas, permitindo-se, assim, desencadear o processo de modificação de esquemas de conhecimentos que se têm, construindo-se novos saberes estabelecidos pela aprendizagem escolar.

Segundo Antunes (2002, p.29),

é importante destacar que a ZDP não é uma propriedade deste ou daquele aluno e, menos ainda, deste ou daquele professor, mas verdadeiramente um espaço teórico gerado na própria interação entre educador e educando em função dos esquemas de conhecimento sobre a tarefa a ser realizada pertencentes a este último e os saberes, recursos e suportes de apoio utilizados pelo educador.

As zonas de desenvolvimento proximal são criadas em função da tarefa a ser passada, do conteúdo a ser ministrado e das múltiplas formas de ajuda propostas em sua interação com o mais experiente.

Portanto, é fundamental que ocorra uma interação social concreta entre os participantes do processo de ensino-aprendizagem. É então, que o professor desempenha o papel fundamental de fomentar e de direcionar a interação com os alunos e entre eles. Através das oportunidades de expressão oferecidas aos alunos, é que o professor possibilita a avaliação quanto aos seus pressupostos e suas expectativas. A interação entre alunos mais ou menos experientes torna-se fundamental para a aprendizagem.

Com o intuito de promover interações sociais entre os alunos que pudessem favorecer o desenvolvimento de aprendizagens de conceitos científicos, foram escolhidos quatro alunos monitores. Esses alunos passaram por um processo de capacitação com o objetivo de ampliar suas Zonas de Desenvolvimento Real, tornando-os o que Vygotsky chama de “mais capazes”.

As etapas de capacitação dos alunos monitores foram:

- Levantamento das experiências disponíveis no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora;
- Estudo e análises dos conteúdos envolvidos nas experiências em reuniões realizadas;
- Oficinas presenciais com os alunos bolsistas da UFJF;
- Planejamento, elaboração e escrita das atividades investigativas a serem desenvolvidas na sequência didática;
- Aplicação de uma sequência didática sobre o tema “Equilíbrio estático dos corpos sólidos e o princípio de funcionamento de uma alavanca”.

O processo de capacitação dos alunos monitores permitiu que fosse realizado um replanejamento das atividades investigativas que favoreçam a interação entre os alunos, assim

como entre professores e alunos. As atividades propostas tiveram como objetivo gerar conflitos entre os alunos e também entre alunos e professores, promovendo a interação social que, segundo Vygotsky (1987), é fundamental para que a aprendizagem atinja os objetivos propostos.

#### **4.1.2 A Aprendizagem científica segundo Vygotsky**

O aprendizado do ser humano se inicia muito antes da vida escolar. Porém, é através da educação que novos elementos vão sendo apresentados para o desenvolvimento dos indivíduos.

A aprendizagem é um processo contínuo que pode se localizar em níveis de desenvolvimento diferentes. O nível de desenvolvimento real representa àqueles conceitos já consolidados pelos alunos. Isso significa que, dentro desse nível, eles são capazes de realizar tarefas ou funções sem auxílio de outro indivíduo.

O nível de desenvolvimento potencial se refere àquilo que o indivíduo pode realizar com o auxílio de outro indivíduo. Nesse caso, as experiências adquiridas através das interações sociais são fundamentais.

A distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial é chamada de Zona de Desenvolvimento Potencial ou Proximal (ZDP). Dessa forma, a ideia é que o aluno utilize um “apoio” de outro mais capaz, até que possa realizar determinadas tarefas, sozinho.

Caso o professor busque trabalhar apenas com os conceitos pertencentes à Zona de Desenvolvimento Real dos alunos, não obterá mais do que um resumo do desenvolvimento já consolidado.

É importante ressaltar que a Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos não pode ser medida e nem identificada, pois não é um conceito instrumental. Trata-se de um conceito flexível e complexo, ou seja, em cada tópico do conteúdo trabalhado, em cada momento de desenvolvimento, os níveis apresentados serão diferentes para cada indivíduo. Apesar de não ser visível na prática, o conceito de ZDP ajuda a compreender como ocorre o desenvolvimento do indivíduo.

### 4.1.3 O papel da mediação nos processos de ensino-aprendizagem

Para Vygotsky (1984), o desenvolvimento humano ocorre a partir das interações com o meio social em que se vive. Através das mediações, os indivíduos “imaturos” irão aos poucos (de acordo com o ritmo de cada um) se apropriando dos conceitos científicos, ou seja, internalizando tais conceitos.

Em seu livro “Pensamento e linguagem”, Vygotsky (1987) demonstrou muito bem que um conceito espontâneo, cotidiano, habitualmente surge na criança, após o contato dessa criança com objetos ou fenômenos. É somente bem mais tarde que ela terá consciência da noção de objeto e aprenderá a efetuar operações abstratas com ele. No caminho inverso, o conceito científico nasce após o estabelecimento de uma ligação indireta com o objeto. Primeiro a criança é confrontada com uma noção e aprende a estabelecer relações lógicas entre as noções. Depois, terá consciência do objeto. O conceito espontâneo, segundo a teoria de Vygotsky, se desenvolve então por um processo indutivo (das propriedades elementares e inferiores às propriedades superiores), enquanto que o conceito científico se desenvolve por um processo dedutivo (das propriedades complexas e superiores às propriedades elementares e inferiores).

Para Vygotsky, a interação social que leva à aprendizagem deve ocorrer dentro daquilo que ele chama de zona de desenvolvimento proximal. O autor incorpora o papel mediador da cultura e estabelece que as funções psíquicas apareçam primeiro no plano interpsicológico para depois serem interiorizadas.

Vygotsky considera dois elementos básicos responsáveis pelas mediações: o instrumento e o signo.

O instrumento tem a função de regular as ações sobre os objetos e o signo regula as ações sobre o psiquismo dos indivíduos. Assim, o instrumento é capaz de provocar mudanças externas, uma vez que aumenta a possibilidade de intervenção na natureza. Já o signo age como um instrumento da atividade psicológica, ou seja, tem a função de auxiliar o indivíduo nas suas atividades psíquicas (internas).

O indivíduo pode, através dos signos, controlar sua atividade psicológica e ampliar sua capacidade de atenção, memória e compreensão dos conceitos.

A linguagem é um sistema simbólico fundamental construído pelas sociedades que tem como objetivos organizar os signos em estruturas complexas e desempenhar um papel imprescindível na formação das características psicológicas humanas.

O ser humano utiliza a linguagem para designar objetos do mundo exterior, retratar a utilização desses objetos e suas qualidades. Assim, a linguagem permitiu mudanças essenciais nos processos psíquicos do homem: lidar com objetos do mundo exterior; analisar, abstrair e generalizar as características dos objetos, eventos e situações presentes no cotidiano; comunicar com outros seres. Portanto, é através da linguagem (sistema de signos) que se possibilita o intercâmbio social entre os indivíduos.

Os sistemas de signos funcionam como elementos mediadores que permitem a comunicação entre os indivíduos, o estabelecimento de significados gerados por grupos sociais, percepção e interpretação dos objetos e eventos do nosso cotidiano.

A linguagem utilizada pelo professor deve estar dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos. Nesse caso, os alunos terão condições de realizar tarefas e soluções de problemas através do diálogo, da colaboração, da imitação, da experiência compartilhada e das mediações que apontam possíveis caminhos.

Além disso, nessa perspectiva de Vygotsky, o meio educacional deve ser desafiador, ou seja, exigir e estimular a participação de cada indivíduo para a realização das tarefas. Portanto, os espaços de educação formal e não formal não devem ter o papel apenas de transmitir conceitos científicos prontos e acabados. Eles devem possibilitar aos alunos o acesso ao conhecimento científico contínuo, o desenvolvimento de situações que exijam reflexões conscientes e promover a capacidade de comparar e diferenciar resultados.

Durante a aplicação das atividades da sequência didática, houve uma preocupação em realizar intervenções e mediações dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos. Dessa forma, procurou-se tornar acessível aos alunos todo o conteúdo trabalhado. Por outro lado, sabe-se que eles apresentam nível de desenvolvimento proximal diferentes. Tal fato, aumenta ainda mais os desafios do professor em estabelecer condições básicas para favorecer a alfabetização científica dos alunos.

Para amenizar as dificuldades geradas devido aos diferentes níveis de desenvolvimento proximal dos alunos, se privilegiou, durante as atividades da sequência didática, as mediações entre monitores, professor e demais estudantes.



## 4.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Investigar muitas vezes significa seguir os vestígios, pesquisar sobre um fenômeno, examinar com atenção. Para a pesquisa aqui considerada, a atividade investigativa está relacionada a um processo de investigação na resolução de situações-problema.

Algumas características das atividades investigativas são apontadas por Azevedo (2012) e Fernandes (2012): propor problemas abertos; avaliar o conhecimento prévio dos alunos; fazer levantamento de hipóteses; promover o pensamento crítico; promover a argumentação científica; fomentar o trabalho em grupo; estabelecer relações do conhecimento com o resultado obtido. Fica claro, portanto, que é fundamental valorizar os conhecimentos prévios dos alunos e promover oportunidades para que esses alunos consigam relacionar as teorias abordadas com as práticas relacionadas ao cotidiano. A participação deles vai muito além da observação e registro. Promover a autonomia dos estudantes também é considerado fundamental em qualquer processo educacional de investigação. Percebe-se, dessa forma, que o ensino por investigação não valoriza apenas os conteúdos conceituais, mas valoriza também os conceitos procedimentais e atitudinais.

A ideia de se trabalhar com atividades investigativas surge da necessidade de se dar maior ênfase ao aluno e não apenas aos conteúdos trabalhados. Em 1938, o filósofo e pedagogo americano Dewey escreveu o livro intitulado “*Logic: The Theory of inquiry*” que significa: “Lógica: a teoria da investigação”. Naquele contexto, segundo Barrow (2006), Dewey percebeu que havia na educação científica forte ênfase no ensino de fatos e nenhum estímulo relacionado ao raciocínio e às habilidades mentais. O filósofo acreditava que o aluno deveria participar ativamente de sua aprendizagem de maneira que pudesse propor situações-problemas para serem investigadas. Barrow (2006) ainda afirma que Dewey realizou vários estudos até chegar aos seguintes passos investigativos: apresentação de problema, formação de hipótese, coleta de dados durante o experimento e formulação de conclusão. Há inserido nos passos investigativos, a ideia de preparar os alunos para participarem ativamente do processo de ensino e aprendizagem.

Uma nova etapa da educação americana estadunidense ocorreu no final da década de 1980. A criação do documento “*Science For All*”, que significa Ciências para todos, apresentava recomendações dos principais autores americanos para que o Ensino de Ciências pudesse trabalhar com situações coerentes com a natureza da investigação científica. O documento apresentava uma valorização da participação ativa do aluno que deveria aprender determinados

procedimentos, tais como: observar, manipular, anotar, descrever, fazer questionamentos, levantar hipóteses, buscar respostas.

Já na década de 1990, outro documento intitulado “*National Science Education Standards*” que significa “Padrões Nacionais de Educação Científica” apresentou novas propostas de orientações para a chamada “Alfabetização Científica”. Segundo Barrow (2006), mais uma vez houve o reconhecimento e valorização de propostas de ensino que valorizam o ensino por investigação.

Mas, no Brasil, a abordagem do ensino proposto por atividades investigativas teve início considerável apenas a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais propostos em 1997. O documento propõe o desenvolvimento de um currículo que valorize as quatro premissas apontadas pela UNESCO como eixos estruturais da educação: aprender a conhecer; aprender a fazer; aprender a viver; aprender a ser.

O aprender a conhecer supõe possibilidades de descoberta, de prazer em buscar compreender a complexidade do mundo, valorizando tanto o meio como o fim. Estimula o senso crítico e permite a compreensão do mundo real.

O aprender a fazer privilegia situações contextualizadas de maneira a promover relações de teoria e prática. O aprender a viver, assim como o aprender a ser, se constitui de ações que visem à formação do educando como pessoa e como cidadão.

O aprender a ser supõe ainda a preparação do aluno para elaborar pensamentos de forma autônoma e de maneira crítica. Busca também exercitar a liberdade de pensamento, discernimento, sentimento e imaginação.

Os PCN citam ainda que o ensino de Física deve promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Considera, portanto, imprescindível à aproximação entre o mundo vivencial do aluno e o ensino de Física. A partir dessas aproximações, o documento destaca que “O saber assim adquirido reveste-se de uma universalidade maior que o âmbito dos problemas tratados, de tal forma que passa a ser instrumento para outras e diferentes investigações” (BRASIL, 1999, p.230).

Aprender Física envolve competências e habilidades que estão relacionadas à compreensão e investigação dos assuntos abordados. De certa forma, os PCN destacam que o desenvolvimento de certas habilidades está relacionado à investigação ao destacar que “Como ponto de partida, trata-se de identificar questões e problemas a serem resolvidos, estimular a observação, classificação e organização dos fatos e fenômenos à nossa volta segundo os

aspectos físicos e funcionais relevantes” (BRASIL, 1999, p. 231). Ainda sobre investigação, destaca que

Investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões (BRASIL, 1999, p.231).

Percebe-se que os Parâmetros Curriculares Nacionais consideram como competências e habilidades fundamentais a serem desenvolvidas no ensino de Física: desenvolver a capacidade de investigação física (classificar, organizar, sistematizar, identificar, compreender conceitos, fazer hipóteses); conhecer e utilizar conceitos físicos (relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes, compreender leis e teorias); compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos (descobrir como funciona); construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, analisar previsões; articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

Há de forma bastante perceptível uma tentativa de se mudar o ensino de Física que se apresenta, na maioria das vezes, enraizado no que Paulo Freire chama de educação bancária. Nela o educador é o sujeito que detém o conhecimento. O aluno, nesse caso, é o receptor do conhecimento, ou seja, todo conhecimento é depositado nele. Tal concepção de educação privilegia o conteúdo e não o aluno que se torna um mero espectador no processo de ensino aprendizagem.

Apesar do estímulo de propostas curriculares por investigação encontradas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, de acordo com Sá et al (2007), ainda estamos engatinhando para que de fato o ensino de Ciências seja proposto a partir de atividades investigativas. Há de se ressaltar que não basta apresentar propostas nesse sentido. O assunto é bastante complexo, pois envolve fatores como: dificuldades dos professores de acesso aos laboratórios de Ciências; dificuldades de contar com materiais necessários; dificuldades de acesso aos Centros de Ciências; dificuldades de elaboração e planejamento de atividades investigativas por falta de conhecimento, tempo, apoio, entre outros motivos.

#### 4.2.1 As diferentes abordagens de ensino para a utilização de atividades investigativas

Existem várias denominações para a perspectiva de ensino baseado em atividades investigativas. Destacam-se: aprendizagem por descoberta; aprendizagem por resolução de problemas; projetos de aprendizagem; ensino por investigação. Os diversos autores, Olvera (1992), Zabala (1992), Gil (1993) e Garcia (1993), (apud RODRIGUEZ, 1995), admitem que para o desenvolvimento de uma atividade investigativa é necessário que se tenham: um problema para ser analisado; emissão de hipóteses; um planejamento para a realização do processo investigativo; interpretação de novas informações e a posterior comunicação das mesmas.

Olvera (apud RODRIGUEZ, 1995) propõe que o problema a ser investigado deve ser escolhido em função dos interesses dos alunos. Independente dessa escolha, ser pelos alunos ou pelo professor, é necessário valorizar os diversos conteúdos: conceituais, procedimentais e atitudinais. Diante dessa premissa, os alunos devem ser motivados a buscar soluções a partir das situações-problema. As diversas hipóteses que podem ser levantadas servem como suportes para o desenvolvimento investigativo proposto nas atividades.

Os autores Gil Perez e Castro (1996) ressaltam que as atividades investigativas devem compreender as seguintes situações: apresentar aos alunos situações-problema abertas em um nível compatível com o potencial dos alunos; favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância das situações-problema apresentadas; emitir hipóteses como atividade indispensável à investigação científica; elaborar planejamento das atividades experimentais; proporcionar momentos de interação entre alunos; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico.

Rodriguez (1995) propõe algumas etapas para as atividades investigativas: elaboração do problema pelos alunos; elaboração de hipóteses; planejamento da investigação; contato com novas fontes de informação, incluindo experimentos; leitura de materiais informativos; visitas; interpretação e conclusão dos resultados. Já Watson (2004) acredita que, a partir de uma situação-problema, os alunos possuem ampla condição de desenvolver o planejamento de resolução, reunir evidências, elaborar inferências e desenvolver argumentação.

Azevedo (2006) afirma que para ter uma atividade de investigação é necessário que o aluno seja levado a refletir, discutir, explicar, relatar. A autora deixa claro que a proposta de atividade investigativa não deve apenas se limitar a favorecer a manipulação de objetos e a observação dos fenômenos. Mais uma vez fica evidente a importância de se valorizar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Para Carvalho (2010), uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos científicos. Dessa forma, a autora considera como fundamental o cuidado que o professor deverá ter com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno, assim como com a elaboração da situação-problema a ser trabalhada. O problema proposto tem a função de desencadear o raciocínio dos alunos. Para que o ambiente investigativo seja estabelecido, os alunos deverão ter um certo grau de liberdade intelectual.

Um ensino investigativo vai, portanto, muito além do planejamento das atividades. É essencial apresentar uma metodologia que favoreça o ambiente investigativo. Dessa forma, consideramos importante identificar o grau de liberdade do professor e alunos durante as atividades de resolução dos problemas propostos.

A partir das pesquisas realizadas por Paiva, Carvalho (2018) elaborou um quadro que procura mostrar a liberdade intelectual em aulas de resolução de problemas.

Quadro 2 – Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em aulas de resolução de problemas

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	A/P	A	A
Resolução de problema	A	A	A	A	A
Análise dos resultados	P	P/A/Classe	P/A/Classe	P/A/Classe	P/A/Classe

Fonte: CARVALHO, 2018, p.769

Analisando a tabela, Carvalho (2018) apresenta os diferentes graus de liberdade da seguinte forma:

Os graus 1 e 2 representam uma metodologia de ensino diretiva. Nesses casos, o professor é quem resolve intelectualmente todo o problema proposto, ficando a cargo dos alunos apenas a resolução.

Os graus 3 e 4 apresentam uma metodologia investigativa. Nesses casos, os alunos são levados a refletir sobre o problema, a tomar decisões, a discutir com os colegas, a apresentar e comparar resultados, enfim, avaliar/reavaliar o processo. O erro é tratado como importante reflexão para reavaliar os resultados e buscar novas soluções.

O grau 5 apresenta uma situação de alto grau de liberdade dado ao aluno que abrange desde a elaboração da situação-problema até a sua própria resolução.

As atividades desenvolvidas nesta pesquisa se corroboram com o grau 3 apresentado por Carvalho (2018). A metodologia através de atividades experimentais procurou criar um ambiente investigativo, inicialmente apresentando uma situação-problema contextualizada, possibilitando a retomada das questões, levantamento e testagem de hipóteses, análises dos procedimentos e resultados, apresentação e explicação dos resultados. Além disso, os alunos tiveram a oportunidade de colocar em prática os conceitos trabalhados através da utilização de uma alavanca no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora.

#### **4.2.2 A proposta investigativa em questão**

O enfoque dado às atividades investigativas propostas nesta pesquisa busca superar o que os autores Campos e Nigro (1999) chamam de metodologia da superficialidade. Como características básicas dessa metodologia destacam-se: tendência a generalizar acriticamente, com base nas observações; realizar observações geralmente não controladas; elaborar respostas rápidas e seguras, baseadas em evidências do senso comum; raciocinar numa sequência causal e linear.

A metodologia aqui proposta visa a um processo de investigação que busca: superar as evidências do senso comum; introduzir formas de pensamento mais rigorosas, críticas e criativas; favorecer a imaginação de novas possibilidades e elaboração de hipóteses; estimular a comparação de diferentes hipóteses em situações controladas. A investigação proposta pretende, portanto, promover o enfrentamento de situações-problema de maneira não superficial, cultivando as análises críticas, favorecendo a (re)formulação de hipóteses e estimulando a participação ativa dos alunos.

Com a definição da metodologia utilizada para se trabalhar com as atividades investigativas, faz-se necessário apresentar os chamados “conteúdos do ensino-aprendizagem” e as avaliações utilizadas.

### 4.2.3 Os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino por investigação

O ensino por investigação considera os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Segundo Campos e Nigro (1999), os conteúdos conceituais são aqueles que remetem ao conhecimento construído contextualmente pela humanidade. Tais conteúdos referem-se a fatos, princípios e conceitos. Um determinado conceito pode ser retomado e ampliado ou modificado em diferentes momentos, à medida que novas informações sejam obtidas e novas relações estabelecidas. Para tanto, é preciso que o aluno esteja em condições de enfrentar as situações-problema apresentadas e que o professor promova possibilidades de desenvolvimento de outras habilidades intelectuais que não se restrinjam à memória. Nesse sentido, como estratégia para o aprendizado dos conteúdos conceituais, os autores destacam ser fundamental que as atividades que visam à aprendizagem de fatos, estejam relacionadas a conteúdos procedimentais e atitudinais.

Campos e Nigro (1999) destacam que os conteúdos procedimentais são aqueles que se referem ao “saber fazer” e, portanto, envolvem técnica, métodos e destrezas. No caso do ensino de Ciências, mais especificamente nas atividades investigativas, tais conteúdos incluem métodos de investigação, técnicas gerais de estudos, estratégias para facilitar a comunicação, estabelecimento de relações entre conceitos, destrezas manuais, entre outros.

De acordo com Pro Bueno (1995), os principais conteúdos procedimentais relacionados à área de Ciências como investigação são: observação de objetos e fenômenos; medição de objetos e transformações; classificação de objetos e sistemas; reconhecimento de problemas; formulação de hipóteses; identificação e controle de variáveis; montagens experimentais; técnicas de investigação; análise de dados; estabelecimento de conclusões; manejo de material e realização de montagens.

A aprendizagem de procedimentos envolve estratégias que vão muito além da simples observação e registro. Os alunos devem ser estimulados a refletir sobre suas ações em vez de executá-las mecanicamente

O papel do professor é uma das variáveis que influenciam no aprendizado dos conteúdos apresentados pelos alunos. Cabe ao professor: potencializar a aprendizagem de conteúdos atitudinais; ouvir com atenção os alunos; valorizar a expressão de ideias dos alunos; organizar a sala e os espaços educacionais utilizados de maneira a promover interações entre alunos e entre aluno e professor; promover e buscar coerência nas respostas dos alunos; valorizar a objetividade e as respostas criativas.

#### 4.2.4 A avaliação dos conteúdos no ensino por investigação

A avaliação continua deve permear a prática educativa do professor. Trata-se de um grande desafio uma vez que as respostas para se praticar uma avaliação qualitativa nem sempre são diretas e simples. Na tentativa de trazer algumas alternativas de desenvolvimento de avaliações que possam ser consideradas qualitativas, os autores Nigro e Campos (1999) chamam a atenção para a “Síndrome da resposta correta” (p.88). Essa síndrome se refere aos muitos professores que elaboram suas provas e de antemão esperam por uma determinada resposta. Nesse sistema rígido de avaliação, o gabarito já está pronto e impecável. Não há possibilidades de caminhos, não há levantamento de hipóteses, não há qualquer tipo de investigação. Utilizar planejamento de utilização das atividades investigativas e avaliar pela forma puramente tradicional é um grande equívoco. Por isso, não poderia deixar de falar sobre avaliação ao propor atividades investigativas.

O trabalho com atividades investigativas, de acordo com Carvalho (2013), não pode se limitar a buscar resultados previamente definidos. As hipóteses são lançadas a partir de uma determinada situação-problema e os caminhos são trilhados e modificados ao longo do desenvolvimento da atividade. A avaliação, portanto, desenvolvida nesta pesquisa, não se limitou a fazer registros de apenas conteúdos conceituais verificados a partir das atividades desenvolvidas e em momentos isolados. A avaliação permeou todo o processo de ensino-aprendizagem, ajudando o professor a redirecionar suas ações quando necessário.

De acordo com as atividades investigativas desenvolvidas, a avaliação realizada buscou: estar integrada ao ensino-aprendizagem; propiciar informações sobre possíveis iniciativas para modificar os caminhos trilhados; ser considerada como instrumento de ajuda e não de punição; ser um instrumento investigativo para fomentar todo o planejamento; não ser aplicada com o objetivo de selecionar e classificar os alunos através de parâmetros previamente estabelecidos; servir de apoio para propiciar os avanços dos alunos; abranger os diferentes tipos de conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais); possibilitar a reflexão dos alunos e do professor para que possam traçar estratégias que facilitem o aprendizado dos conceitos científicos; ser um instrumento facilitador de interações; objetivar que a maioria dos alunos consigam desenvolver suas ações; ser diferenciada ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

A avaliação aplicada nesta pesquisa apresentou os seguintes objetivos: avaliação inicial possibilita conhecer os conhecimentos prévios dos alunos; avaliação formativa retroalimentando o ensino-aprendizagem; avaliação somativa possibilitando um diagnóstico



final. Dessa forma, as etapas avaliativas realizadas foram: levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos; aplicação de atividades investigativas; autoavaliação; avaliação final utilizando o simulador PhET Colorado. Todo o processo avaliativo realizado procurou privilegiar os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Em síntese, a avaliação qualitativa dos alunos não teve como objetivo classificá-los através de conceitos ou notas e sim considerar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Assim, os conteúdos foram relacionados da seguinte forma: conteúdos conceituais: aqueles relacionados aos fatos, acontecimentos, situações e fenômenos socialmente construídos. Portanto, há uma valorização do contexto em si; conteúdos procedimentais: aqueles relacionados às regras, técnicas, métodos, habilidades, estratégias e procedimentos; conteúdos atitudinais: aqueles relacionados aos valores, respeito, solidariedade, responsabilidade, honestidade.

A proposta de avaliação aqui defendida é aquela que promova maior interação entre alunos, professor e conhecimento. De nada adiantaria utilizar metodologias diferenciadas e ficar restrito a avaliações tradicionais. Atualmente, ter acesso às informações não é um diferencial. A internet abriu as portas para a divulgação de conteúdos de diversas áreas do conhecimento. Apesar da facilidade de busca pelos conteúdos educativos, muitos alunos não estão preparados para transformar tais conteúdos em conhecimento científico que favoreça a alfabetização científica.

Ao propor a utilização de atividades investigativas, o professor se depara com o desafio de como avaliar qualitativamente cada aluno envolvido no processo de ensino e aprendizagem. Inicialmente, foi fundamental estabelecer os conteúdos a serem considerados (conceituais, procedimentais, atitudinais). Após a definição, o desafio foi elaborar questões investigativas que pudessem valorizá-los. Por fim, não poderia deixar de considerar a visão do aluno nesse processo avaliativo. Não há, portanto, uma receita de sucesso para ensinar, aprender e avaliar. O que existem são possibilidades de desenvolvimento de atividades que valorizem a participação ativa dos alunos, promovam a interação social e contribuam para a alfabetização científica.

### 4.3 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

O conceito de Alfabetização Científica surgiu em 1958, enunciado pelo professor Paul Hurd através do termo “Scientific Literacy”.

Para Hurd, a Alfabetização Científica envolve a produção e utilização da ciência no nosso cotidiano (apud LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p.47). Dessa forma, o professor considera que para uma pessoa ser alfabetizada cientificamente é necessário passar por situações de aprendizagem que envolvam solucionar problemas, realizar investigações, desenvolver projetos em laboratório de campo e experiências de campo.

Miller (1983) analisou os conhecimentos dos indivíduos em relação a temas científicos e concluiu que

...quando se fala em alfabetização, normalmente não se percebe que a expressão ser alfabetizado apresenta dois significados diferentes: um, mais denso, estabelece uma relação com a cultura, a erudição. Por conseguinte, o indivíduo alfabetizado é aquele que é culto, erudito, ilustrado. O outro fica reduzido à capacidade de ler e escrever (apud LORENZETTI, DELIZOICOV, 2001, p.47).

Dessa forma, Miller (1983) destaca que um indivíduo pode ser considerado alfabetizado quando consegue ler e escrever sobre um determinado tema. Porém, ao utilizar o termo Alfabetização Científica tal conceito é ampliado a “Capacidade de ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos de caráter científico” (apud LORENZETTI, DELIZOICOV, 2001, p.47).

Segundo Sasseron (2017), a Alfabetização Científica deve desenvolver em nossos alunos a capacidade de organização do pensamento de maneira lógica e coerente. Dessa forma, estará contribuindo para a construção de uma consciência crítica em relação ao mundo que os cerca.

É importante ressaltar que a Alfabetização Científica não será alcançada com algumas aulas e atividades desenvolvidas. Trata-se de um processo que, uma vez iniciado, deve estar em constante construção. Assim, é necessário pensar em possíveis indicadores que consigam diagnosticar evidências favoráveis a ela.

Sasseron (2017) realizou importantes pesquisas com objetivo de compreender quais são os pressupostos, as características e as evidências da Alfabetização Científica. A autora apresenta como indicadores essenciais para evidenciá-la durante o processo de ensino-aprendizagem: seriação de informações; organização e classificação de informações; levantamento de hipóteses; teste de hipóteses; justificativa das respostas; previsão de respostas; explicação.

Os indicadores apresentados serão retomados nas análises da aplicação da sequência didática.

No capítulo 5 são apresentados os principais conceitos trabalhados na sequência didática e alguns conceitos que poderão ser utilizados para o desenvolvimento de novas propostas de atividades investigativas.

## 5.EQUILÍBRIO ESTÁTICO DOS CORPOS SÓLIDOS E O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA ALAVANCA

A estática é uma área da Mecânica em que se estudam as condições sob as quais podem ocorrer situações de equilíbrio em um sistema físico. Por sistemas físicos, consideramos compreender desde uma partícula material (corpos de dimensões desprezíveis), até sistemas que envolvem vários corpos rígidos. Dentro da estática, se estuda as chamadas máquinas simples. Trata-se de dispositivos que permitem multiplicar a intensidade de uma força com a finalidade de realizar determinada tarefa. São várias as aplicações desses equipamentos no nosso cotidiano e por isso devem ser trabalhadas com nossos alunos.

Segundo Assis, corpo rígido pode ser considerado “Qualquer corpo cujas partes não mudam de posição relativa entre si enquanto o corpo está parado ou enquanto se desloca em relação a outros corpos” (2011, p.38). Como exemplos, o autor cita as seguintes situações: um triângulo feito de papel cartão pode ser considerado um corpo rígido quando cai girando em relação à Terra. Observa-se que as partes do triângulo permanecem fixas entre si, ou seja, a distância entre dois pontos quaisquer do triângulo permanece constante no decorrer do tempo. Já um gato andando no solo ou caindo em direção à Terra, não pode ser considerado um corpo rígido pois suas patas e seu rabo deslocam-se entre si durante esses movimentos.

A definição de equilíbrio aqui defendida está associada ao conceito de estabilidade. Portanto, se refere à situação em que um corpo rígido ou um sistema de corpos rígidos permanecem em repouso quando sob a ação de forças aplicadas a ele.

Para Assis, equilíbrio está relacionado à falta de movimento em relação à Terra ao afirmar que “...ao dizer que um corpo está em equilíbrio, queremos dizer que todas as suas partes permanecem em repouso em relação à Terra com a passagem do tempo” (2011, p.39). Dessa forma, a situação de queda do triângulo em direção à Terra não representa uma situação de equilíbrio. Para estar em equilíbrio, poderíamos nos referir a um triângulo parado em nossas mãos.

Para dar um enfoque ao equilíbrio estático de estruturas, vamos considerar corpos rígidos como sendo aqueles que não se encurvam, não se alongam e nem se deformam quando estão sobre a ação de forças aplicadas sobre eles. Trata-se de uma aproximação a um modelo ideal que, apesar de não ser o que realmente ocorre na prática, permite a obtenção de resultados com pequenas margens de erros aceitáveis.

Ao considerar um corpo modelado como uma partícula é desprezada a sua dimensão. Dessa forma, esse corpo estará em equilíbrio quando for nula a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre ele. Porém, para as situações do nosso cotidiano, essa condição não é suficiente. Os corpos possuem dimensões que não podem ser desprezadas, como as casas, as pontes, os túneis, enfim, as obras em geral.

Quando as forças atuam em pontos diferentes do corpo rígido, uma condição adicional deve ser satisfeita para garantir que ele permaneça em equilíbrio. Nesse caso, a soma dos torques em relação a qualquer ponto do corpo rígido deverá ser nula.

## 5.1 AS CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO

Uma partícula está em equilíbrio quando essa não se acelera em um sistema de referência inercial, ou seja, quando a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre a partícula é igual a zero.

Para um corpo de dimensão não desprezível, ou seja, que possua massa distribuída em um espaço, a condição de equilíbrio é que o centro de massa do corpo possua aceleração nula. Dessa forma, a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo é igual a zero.

A primeira condição de equilíbrio de um corpo rígido pode ser anunciada da seguinte forma:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad (5.1)$$

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0} \quad \sum \vec{F}_y = \vec{0} \quad \sum \vec{F}_z = \vec{0} \quad (5.2)$$

O somatório de forças representado considera apenas as forças externas que atuam sobre o corpo rígido. Porém, somente essa condição não é suficiente para que ele esteja em equilíbrio estático.

Uma segunda condição para que o corpo de massa distribuída esteja em equilíbrio estático é que ele não gire em relação a qualquer ponto da sua estrutura. Essa condição tem sua base na dinâmica do movimento de rotação. Em outras palavras, para que um corpo rígido esteja em equilíbrio estático é necessário que possua momento angular igual a zero em relação a um

ponto previamente definido. Portanto, um corpo rígido em equilíbrio estático não pode ter nenhuma tendência a girar em torno de nenhum ponto, de modo que a soma dos torques externos deve ser igual a zero em relação a qualquer ponto. Assim, temos:

$$\sum \vec{T} = \vec{0} \quad (5.3)$$

$$\sum \vec{T}_x = 0 \quad \sum \vec{T}_y = 0 \quad \sum \vec{T}_z = 0 \quad (5.4)$$

A primeira e a segunda condições de equilíbrio de um corpo rígido consideram, portanto, o estado de repouso sem que ocorra movimento de translação e de rotação. É importante ressaltar que estamos considerando a situação de equilíbrio estático. Não se enquadram as situações em que ocorram deslocamentos com velocidade constante, ou seja, equilíbrio dinâmico.

## 5.2 PESO E MASSA DE UM CORPO

Ao considerarmos as diversas situações de equilíbrio estático de um corpo rígido, não poderíamos deixar de considerar a ação da força peso. Precisamos, dessa forma, ser capazes de calcular o torque dela e sua interferência no estado de equilíbrio.

Inicialmente vamos trazer uma reflexão sobre a definição de peso e massa. Diariamente, nos deparamos com situações cotidianas em que peso e massa são tratados como sinônimos. Tais evidências também foram percebidas durante a realização das atividades da sequência didática desenvolvida nesta pesquisa.

A massa caracteriza a propriedade da inércia de um corpo. Vamos definir como inércia a propriedade que um corpo possui de resistir à mudança de seu estado de equilíbrio estático ou dinâmico. Em outras palavras podemos dizer que o corpo de maior massa apresenta maior resistência de alteração do seu estado de equilíbrio. Assim, quanto maior for a massa do corpo, maior será a força necessária para produzir uma aceleração nesse corpo.

Por outro lado, o peso de um corpo é a representação da força de atração gravitacional exercida pela Terra sobre o corpo. Quanto maior for a massa do corpo, maior será o seu peso.

Para exemplificar, imaginemos um corpo em queda livre em direção à Terra. Nesse caso, vamos considerar a aceleração da gravidade igual a  $9,8\text{m/s}^2$ . Se o corpo possui massa de 1 kg, significa que a força que provoca tal aceleração tem intensidade de 9,8N. Essa força que provoca tal aceleração é chamada força peso. É importante ressaltar que a força peso atuará sobre o corpo independente de ele estar ou não em queda livre.

Portanto, o módulo do peso de um corpo é diretamente proporcional à sua massa  $m$ . Assim, o peso do corpo é uma força que pode ser escrita pela equação:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (5.5)$$

### 5.3 O CENTRO DE GRAVIDADE E O CENTRO DE MASSA

Para definir o centro de gravidade de um corpo é necessário conhecer como se dá a distribuição de sua massa e a variação da gravidade sobre as partículas que constituem o corpo.

O peso do corpo pode ser definido como a força gravitacional resultante exercida sobre o corpo. Quando o corpo está próximo à superfície da Terra, podemos desprezar as outras forças gravitacionais, ou seja, considerar apenas o peso causado pela atração gravitacional exercida pela Terra sobre o corpo.

Para cálculo da força peso, iremos adotar um modelo aproximado considerando a Terra como um corpo esférico de raio  $R_T$  e massa  $m_T$ .

Considere que  $r$  é dado pela soma do raio da Terra ( $R_T$ ) com a altura ( $h$ ) do objeto em relação à superfície da Terra.

$$r = R_T + h \quad (5.6)$$

Assim, o módulo do peso ( $P$ ) do corpo será dado por:

$$P = F_g = \frac{G \cdot m_T \cdot m}{r^2} \quad (5.7)$$

Como vimos anteriormente, o peso de um corpo é a força que age sobre esse corpo produzindo uma aceleração  $g$  quando ele se encontra em queda livre. Assim, igualando as equações 5.5 e 5.7 teremos em módulo:

$$m \cdot g = \frac{G \cdot m_T \cdot m}{r^2} \rightarrow g = \frac{G \cdot m_T}{r^2} \quad (5.8)$$

Podemos verificar que a gravidade que age sobre o corpo não depende da massa  $m$  do corpo. A gravidade dependerá da massa do planeta Terra e do raio da Terra acrescido da altura do objeto em relação à superfície da Terra.

O raio da Terra é da ordem de  $R_T = 6,38 \times 10^6$  m. Ao somarmos a altura de uma partícula de um corpo próximo à superfície da Terra com o raio da Terra, podemos verificar que essa altura apresenta uma ordem de grandeza em torno de  $10^6$  vezes menor que o raio da Terra. Diante das escalas apresentadas, podemos nos restringir para os casos desenvolvidos nesta pesquisa situações em que o centro de massa coincide com o centro de gravidade.

Nesse caso, podemos considerar a gravidade constante e, conseqüentemente, o centro de massa coincidente com o centro de gravidade.

Dessa forma, podemos considerar que para um campo gravitacional uniforme, todas as partículas de um corpo estarão sujeitas à ação de uma gravidade constante ( $g$ ) que será dada em módulo por:

$$g = \frac{G \cdot m_T}{R_T^2} \quad (5.9)$$

Sendo a gravidade constante para todas as partículas de um corpo, podemos concluir que o centro de massa dele coincide com o seu centro de gravidade.

Resumidamente, conclui-se que o peso não atua sobre um único ponto do corpo, ele age de forma dispersa sobre todas as suas partículas. Porém, em determinadas situações, como a apresentada anteriormente, podemos calcular o torque exercido pela força peso de um corpo supondo que a força total da gravidade esteja concentrada no seu centro de gravidade. Nesse caso, consideramos que o centro de gravidade coincide com o centro de massa.



Vamos agora apresentar a definição de centro de massa e algumas de suas características relacionadas à atuação de forças externas.

Young e Freedman apresentam em uma linguagem estatística que “O centro de massa é a posição correspondente a uma média ponderada das massas das partículas” (2008, p. 266).

Os autores destacam ainda que “Se um objeto homogêneo possui um centro geométrico, é aí que o centro de massa está localizado” (YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., 2008, p.266). E no caso de objetos com um eixo de simetria, afirmam que o centro de massa se situará ao longo dele.

Os autores Yamamoto e Fuke trazem a seguinte definição:

Centro de massa (CM): é uma idealização utilizada em Física; é o ponto no qual podemos considerar concentrada toda a massa do corpo ou do sistema físico em estudo. Assim, um objeto se movimentaria como se todas as forças externas estivessem aplicadas sobre seu centro de massa. Se esse corpo apresentar uma distribuição uniforme (homogênea) de massa em toda a sua extensão, o CM será o próprio centro geométrico ou centroide, como ocorre com uma esfera homogênea e maciça de aço (2017, p. 259).

Definido centro de massa, apresentamos a seguir as considerações que julgamos suficientes para o desenvolvimento das atividades propostas nesta pesquisa.

Considere a coleção de partículas com massas  $m_1$ ,  $m_2$  e  $m_3$ . As coordenadas das partículas são, respectivamente,  $(x_1, y_1, z_1)$ ,  $(x_2, y_2, z_2)$ ,  $(x_3, y_3, z_3)$ . As coordenadas do centro de massa são  $x_{cm}$ ,  $y_{cm}$ ,  $z_{cm}$ . Elas serão dadas por:

$$x_{cm} = \frac{(m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3)}{(m_1 + m_2 + m_3)} \quad (5.10)$$

$$y_{cm} = \frac{(m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3)}{(m_1 + m_2 + m_3)} \quad (5.11)$$

$$z_{cm} = \frac{(m_1z_1 + m_2z_2 + m_3z_3)}{(m_1 + m_2 + m_3)} \quad (5.12)$$

As coordenadas do centro de massa ( $x_{cm}$ ,  $y_{cm}$ ,  $z_{cm}$ ) formam o vetor posição  $\vec{r}_{cm}$  do centro de massa, de modo que as equações apresentadas anteriormente são equivalentes à seguinte equação:

$$\vec{r}_{cm} = x_{cm}\hat{i} + y_{cm}\hat{j} + z_{cm}\hat{k} \quad (5.13)$$

O centro de massa de um corpo é um ponto abstrato que se move como se toda a massa do corpo estivesse nele concentrada e como se todas as forças externas estivessem aplicadas sobre ele. Sendo um corpo constituído por N partículas, o seu centro de massa será caracterizado por:

$$M\vec{r}_{cm} = (m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + m_3\vec{r}_3 + \dots) \quad (5.14)$$

$$\vec{r}_{cm} = \frac{1}{M}(m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + m_3\vec{r}_3 + \dots) \quad (5.15)$$

$$\vec{r}_{cm} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{r}_i \quad (5.16)$$

O vetor posição do centro de massa pode ser escrito por:

$$\vec{r}_{cm} = x_{cm}\hat{i} + y_{cm}\hat{j} + z_{cm}\hat{k} \quad (5.17)$$

Para um corpo extenso com distribuição contínua da massa, sendo  $dm$  um pequeno elemento de massa posicionado em  $\vec{r}$ , teremos:

$$\vec{r}_{cm} = \left(\frac{1}{M}\right) \int \vec{r} dm \quad (5.18)$$

Sendo que:

$$M = \int dm \quad (5.19)$$

Caso o corpo possua alguma simetria geométrica, o centro de massa estará justamente no centro de simetria.

As situações trabalhadas nesta pesquisa utilizaram corpos de prova homogêneos (densidade constante  $\rho$ ). Um elemento diferencial de volume  $dV$  tem, portanto, massa  $dm = \rho dV$ . Dessa forma, o centro geométrico do corpo ou centro de massa apresentará as seguintes coordenadas:

$$\bar{x} = \frac{\int_V \tilde{x} dV}{\int_V dV} \quad \bar{y} = \frac{\int_V \tilde{y} dV}{\int_V dV} \quad \bar{z} = \frac{\int_V \tilde{z} dV}{\int_V dV} \quad (5.20)$$

Nas equações apresentadas anteriormente, temos que:

$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  : representam as coordenadas do centro de massa (coincide com o centro de gravidade).

$\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$ : representam as coordenadas de cada partícula no corpo.

Analisando agora a haste (régua) de madeira que foi utilizada como alavanca. Considere que sua massa total  $M$  que está distribuída ao longo do seu comprimento  $L$ . Assim, podemos considerar que sua densidade linear ( $\lambda$ ) será dada pela relação entre a massa total ( $M$ ) e seu comprimento ( $L$ ), em cada uma das direções. Por exemplo, para um pedaço infinitesimal  $dx$ , teremos uma massa  $dm = \lambda dx$ . Então, teremos:

$$M = \int_0^L dm = \lambda \int_0^L dx = \lambda L \quad (5.21)$$

O centro de massa de uma haste uniforme de comprimento  $L$  e densidade linear de massa  $\lambda$  será:

$$\vec{r}_{cm} = \left(\frac{1}{M}\right) \int \vec{r} dm \quad (5.22)$$

Sabemos que:

$$M = \int dm \quad (5.23)$$

$$\vec{r} = x\hat{i} \quad (5.24)$$

$$dm = \lambda dx \quad (5.25)$$

Então, para o centro de massa teremos:

$$\vec{x}_{cm} = \left(\frac{1}{M}\right) \int_0^{Lx} x\hat{i} dm = \left(\frac{1}{M} \int_0^{Lx} x\lambda dx\right)\hat{i} \quad (5.26)$$

$$\vec{x}_{cm} = \left(\frac{1}{M} \lambda \int_0^{Lx} x dx\right)\hat{i} = \left(\frac{1}{M} \lambda \frac{L_x^2}{2}\right)\hat{i} \quad (5.27)$$

$$\vec{x}_{cm} = \left(\frac{1}{\lambda L_x} \lambda \frac{L_x^2}{2}\right)\hat{i} = \frac{L_x}{2} \hat{i} \quad (5.28)$$

Nas direções y e z acontece da mesma forma, ou seja, as posições do centro de massa encontrar-se-ão também no eixo de simetria de cada direção, ou seja:

$$\vec{y}_{cm} = \frac{L_y}{2} \hat{j} \quad (5.29)$$

$$\vec{z}_{cm} = \frac{L_z}{2} \hat{k} \quad (5.30)$$

Então, o centro de massa será caracterizado por:

$$\vec{r}_{cm} = \vec{x}_{cm} + \vec{y}_{cm} + \vec{z}_{cm} \quad (5.31)$$

Consideramos então que o módulo, a direção e o sentido da aceleração da gravidade permaneçam constantes em todos os pontos do corpo. Cada partícula do corpo irá sofrer a ação

da força gravitacional. Assim, o peso do corpo será dado pela soma vetorial das forças que atuam em cada uma dessas partículas. Consideremos a partícula 1 de massa  $m_1$  e peso dado por  $\vec{P}_1 = m_1 \cdot \vec{g}$ . Se  $r_1$  for o vetor posição dessa partícula em relação a uma origem arbitrária O, o módulo do vetor torque  $T_1$  do peso  $P_1$  em relação à origem O será dado por:

$$\vec{T}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{P}_1 \quad (5.32)$$

Dessa forma, o módulo do torque total produzido por todas as forças gravitacionais sobre todas as partículas será:

$$T = r_1 \cdot m_1 \cdot g + r_2 \cdot m_2 \cdot g + r_3 \cdot m_3 \cdot g \quad (5.33)$$

Para facilitar a análise, vamos multiplicar e dividir a equação pela massa total do corpo. Sabemos que a massa total M do corpo pode ser representada por:

$$M = m_1 + m_2 + m_3 \quad (5.34)$$

Assim, temos o seguinte módulo do vetor torque:

$$T = \frac{(m_1 r_1 + m_2 r_2 + m_3 r_3)}{(m_1 + m_2 + m_3)} \times M g \quad (5.35)$$

Podemos então representar a equação do módulo do vetor torque da seguinte forma:

$$T = r_{cm} \cdot M \cdot g = r_{cm} \cdot P \quad (5.36)$$

O torque gravitacional total, apresentado pela equação anterior, é obtido como se o peso total do corpo ( $\vec{P}$ ) estivesse atuando no ponto dado pelo vetor  $\vec{r}_{cm}$  do centro de massa, que também chamamos de centro de gravidade. Ao considerarmos a gravidade constante em todos

os pontos de um corpo, podemos definir que o centro de gravidade do corpo coincide com o seu centro de massa.

Assis (2011) apresenta diversas definições para centro de gravidade. Dentre elas, destaca-se:

O centro de gravidade é um ponto no corpo ou fora dele que se comporta como se toda a força gravitacional estivesse atuando neste ponto. Nos casos em que este ponto está localizado fora do corpo, é necessário que seja estabelecida alguma ligação material entre este ponto e o corpo para que se perceba ou se meça toda a força gravitacional atuando neste ponto (ASSIS, 2011, p.54)

Consideramos que se trata de uma boa definição para compreendermos as situações trabalhadas. A dificuldade maior para tal definição estaria justamente na localização do centro de gravidade para os casos em que os corpos fossem heterogêneos e conseqüentemente apresentariam o centro de gravidade em posição diferente do centro geométrico.

Se um corpo homogêneo apresentar um elemento de simetria (um ponto, um eixo ou um plano), o centro de gravidade irá coincidir com o centro geométrico do corpo.

As atividades propostas na sequência didática desenvolvidas nesta dissertação apresentam corpos rígidos homogêneos com centro de massa e centro de gravidade coincidentes. Além disso, o centro de gravidade de cada corpo de prova coincide com o seu centro geométrico.

#### 5.4 O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DAS ALAVANCAS

Não poderíamos falar do princípio de funcionamento das alavancas sem citar as contribuições do cientista e matemático Arquimedes.

Arquimedes viveu de 287 a 212 a.C. A maior parte de sua vida foi na cidade de Siracusa, na Itália. O seu nome de origem grega surgiu da composição de duas palavras. *Archê* que significa princípio, regra, domínio e *mêdos* que significa mente, pensamento, sabedoria.

Dentre as diversas contribuições dadas por Arquimedes para os conhecimentos científicos, destacam-se suas invenções mecânicas e sua capacidade de mover grandes pesos realizando pouca força. A famosa frase de Arquimedes “Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra” foi dita por ele quando conseguiu realizar uma tarefa solicitada pelo rei Hierão para lançar ao mar um navio de muitas toneladas. Para realizar tal ação, Arquimedes teria utilizado

apenas as forças das mãos e uma engrenagem composta por sistemas de polias e alavancas. Conforme verificamos nas palavras de Plutarco (apud Assis, 2011, p.9)

Arquimedes escreveu ao rei Hierão, de quem era amigo próximo, informando que dada uma força, qualquer peso podia ser removido. E até mesmo se gabou, somos informados, de que se houvesse uma outra Terra e só fosse até ela, ele poderia mover a nossa. Hierão ficou admirado e lhe solicitou que demonstrasse isto com uma experiência real, mostrando um grande peso sendo movido por uma pequena máquina. De acordo com este desejo, Arquimedes tomou um dos navios de carga da frota do rei, o qual não podia ser retirado das docas exceto com grande esforço e empregando muitos homens. Além disso, carregou o navio com muitos passageiros e com carga total. Sentando-se distante do navio, sem fazer esforço, mas apenas segurando uma polia em suas mãos e movendo as cordas lentamente, moveu o navio em linha reta, de maneira tão suave e uniforme como se o navio estivesse no mar.

A alavanca criada por Arquimedes é uma máquina simples que consiste em um corpo rígido, geralmente linear, capaz de girar ao redor de um eixo horizontal fixo em relação à Terra. Esse ponto fixo em torno do qual o corpo irá girar foi definido nesta pesquisa como ponto de apoio.

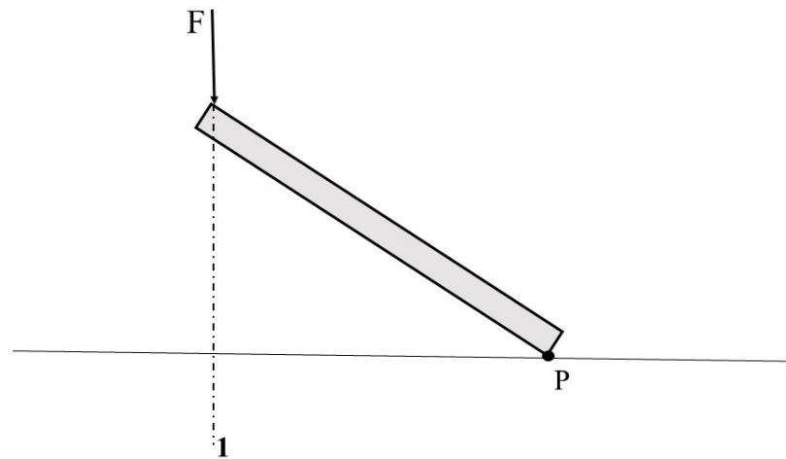
De certo modo, a alavanca funciona como uma balança. Entretanto, permite a possibilidade de se colocar pesos a distâncias diferentes em relação ao ponto de apoio.

Assim como na utilização das balanças, iremos definir que uma alavanca está em equilíbrio quando sua haste (corpo da própria alavanca) fica em repouso, na direção horizontal, em relação à Terra.

Outra definição importante é o braço da alavanca. Ele pode ser definido como sendo a medida da menor distância entre a linha de ação da força  $\vec{F}$  aplicada na alavanca e o ponto de apoio. A linha de ação de uma força é definida como sendo uma reta imaginária que passa pelo ponto de aplicação da força e que tem a mesma direção da própria força.

A figura dada a seguir mostra a linha de ação (1) da força  $\vec{F}$  aplicada numa haste que se encontra apoiada numa superfície plana (ponto de apoio P).

Figura 1: Linha de ação de uma força



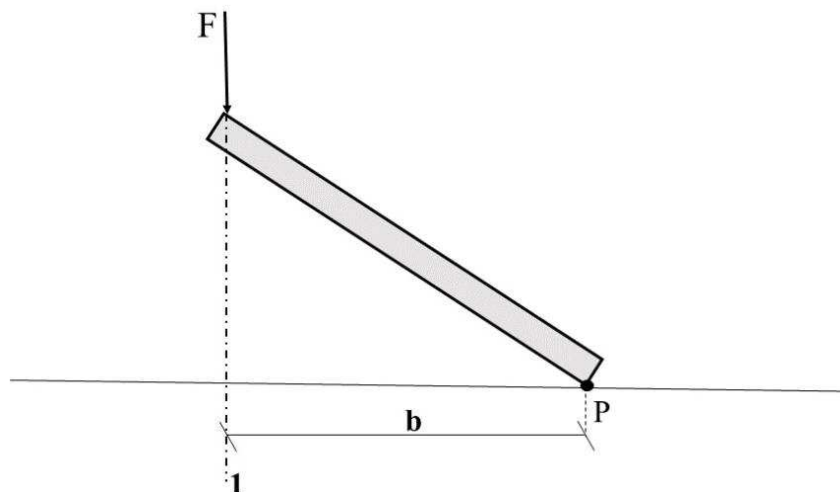
Fonte: Arquivo próprio

Nesse caso, o braço da alavanca ( $b$ ) a ser considerado para o cálculo do momento da força  $F$  é a menor distância entre a linha de ação da força  $\vec{F}$  e o ponto de apoio ( $P$ ).

A menor distância entre a linha de ação da força  $\vec{F}$  e o ponto de apoio ( $P$ ) é uma reta que passa pelo ponto de apoio ( $P$ ) e forma um ângulo de noventa graus com a reta que representa a linha de ação da força  $\vec{F}$ .

A seguir temos na figura 2 a representação da força  $\vec{F}$  aplicada à haste, a linha de ação dessa força (1), o ponto de apoio ( $P$ ) e o braço de alavanca ( $b$ ) da força  $\vec{F}$ .

Figura 2: O braço de alavanca



Fonte: Arquivo próprio



O módulo do torque gerado pela força  $\vec{F}$  sobre a haste em relação ao ponto de apoio (P) será dado por:

$$T = F \cdot b \quad (5.37)$$

Podemos também calcular o torque da Força  $\vec{F}$  fazendo a decomposição da força nas direções x e y. Veja o exemplo dado a seguir.

Considere uma haste de comprimento L apoiada sobre uma plataforma plana horizontal (Figura 3). A haste pode girar sobre o ponto de apoio O.

Aplica-se uma força  $\vec{F}$  sobre a haste, de direção vertical e sentido de cima para baixo. Podemos verificar que a figura 3 apresenta as seguintes representações:

1 = linha de ação da força  $\vec{F}$

2 = linha de ação da componente  $\vec{F}_x$

3 = linha de ação da componente  $\vec{F}_y$

b = braço de alavanca da força  $\vec{F}$

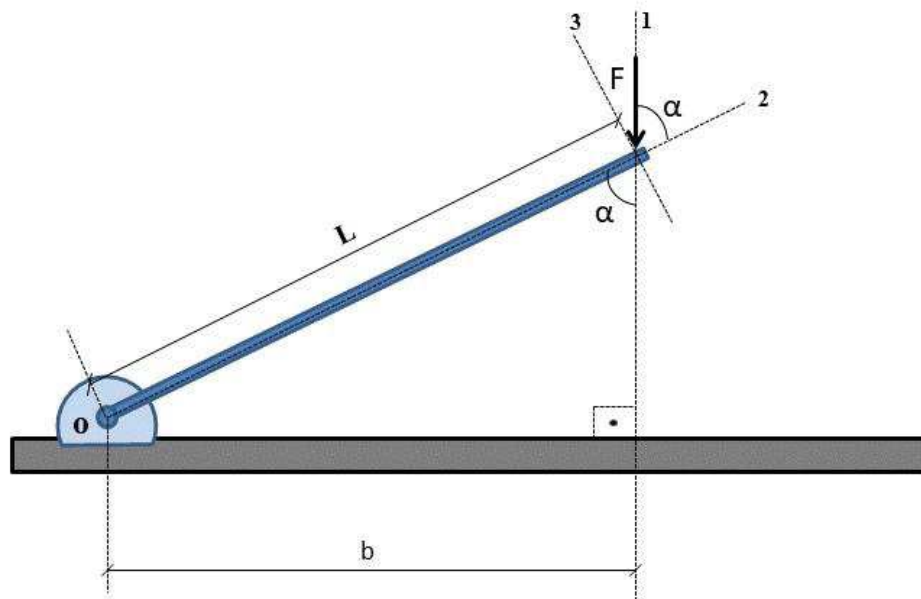
$\alpha$  = ângulo entre a linha de ação da força  $\vec{F}$  e a linha de ação da componente  $\vec{F}_x$

O = ponto de apoio

L = Comprimento da haste

É importante ressaltar que estamos avaliando apenas o torque gerado pela força  $\vec{F}$ . Caso fossemos avaliar também o torque gerado pela força peso da haste, poderíamos perceber que tanto a força  $\vec{F}$  quanto a força peso exercem momentos sobre a haste no sentido horário em relação ao ponto de apoio (O).

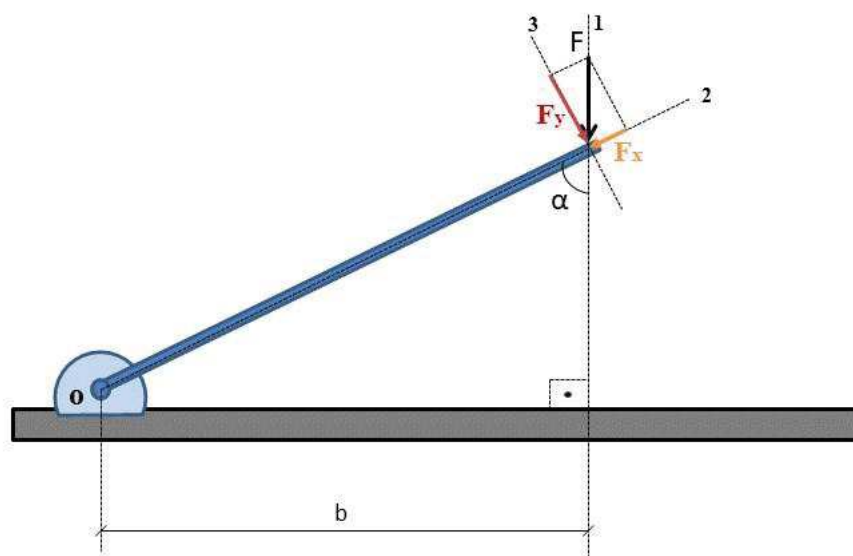
Figura 3: Exemplo de cálculo do torque através da decomposição de uma força.



Fonte: Arquivo próprio

Representando a decomposição da força  $\vec{F}$  nas direções  $x$  e  $y$  teremos:

Figura 4: Decomposição da força  $F$



Fonte: Arquivo próprio

A componente  $\vec{F}_x$  apresenta torque nulo em relação ao ponto de apoio (O). Isso ocorre devido à linha de ação da força  $\vec{F}_x$  passar pelo ponto de apoio (O).

$$T_x = 0 \quad (5.38)$$

A componente  $\vec{F}_y$  realizará um torque na alavanca em relação ao ponto de apoio (O) que, em módulo, será dado por:

$$T_y = F_y \cdot L \quad (5.39)$$

Podemos calcular o módulo do torque da força  $\vec{F}$  da seguinte forma:

$$T = F \cdot b \quad (5.40)$$

Sendo que:

$$\text{sen } \alpha = \frac{b}{L} \quad (5.41)$$

Assim, temos:

$$b = L \cdot \text{sen } \alpha \quad (5.42)$$

Consequentemente, o módulo do torque da força  $\vec{F}$  será dado por:

$$T = F \cdot L \cdot \text{sen } \alpha \quad (5.43)$$

Na sequência didática desenvolvida, utilizamos apenas situações em que as forças foram aplicadas na direção perpendicular em relação à haste da alavanca. Dessa forma, o ângulo  $\alpha$  formado é de noventa graus. Assim, em módulo, temos o torque:

$$T = F \cdot L \cdot \text{sen}90^{\circ} \quad (5.44)$$

$$T = F \cdot L \quad (5.45)$$

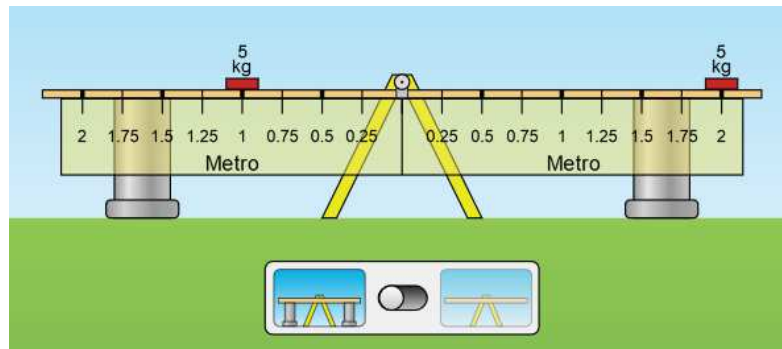
Especificamente nesse caso anterior, a medida da distância entre o ponto de apoio da alavanca e o ponto da haste onde está sendo aplicada a força será a medida do braço da alavanca.

Considerando a situação apresentada anteriormente (figuras 3 e 4), é importante destacar algumas observações:

- Os torques (ou momentos) calculados anteriormente foram representados em módulo. Sabendo-se que se trata de uma grandeza vetorial, ao calcular o torque resultante, deverá ser considerado o sentido de giro. Podemos, por exemplo, adotar torque no sentido horário como positivo e torque no sentido anti-horário negativo.
- Quanto maior for o ângulo  $\alpha$ , tal que  $0^{\circ} \leq \alpha \leq 90^{\circ}$ , maior será a componente  $\vec{F}_y$  e menor será a componente  $\vec{F}_x$ . Conseqüentemente, maior será o torque exercido sobre a alavanca em relação ao ponto de apoio (O).
- Para  $\alpha = 0^{\circ}$ , temos o momento da força  $\vec{F}$  igual a zero. Nesse caso, o momento da força  $F$  será nulo, uma vez que a linha de ação da força  $\vec{F}$  passa pelo ponto de apoio. Sendo assim, o braço de alavanca é nulo.
- Para  $\alpha = 90^{\circ}$ , temos o maior torque resultante da força  $\vec{F}$  em relação ao ponto de apoio.

Vejamos agora outros exemplos. Considere dois objetos de massas iguais colocados em posições diferentes sobre uma gangorra conforme mostra a figura a seguir.

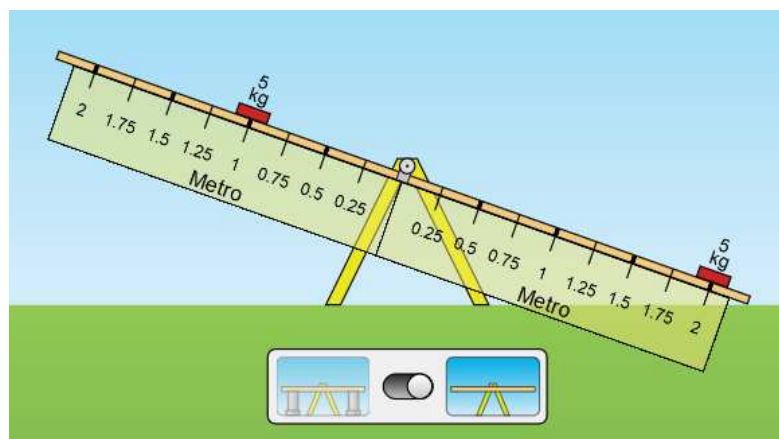
Figura 5: Gangorra com apoios extras



Fonte: Arquivo próprio (simulador PhET)

A gangorra se encontra inicialmente com dois apoios móveis que podem ser retirados. Se tirarmos esses apoios, a gangorra permanecerá em equilíbrio?

Figura 6: Gangorra sem apoios extras



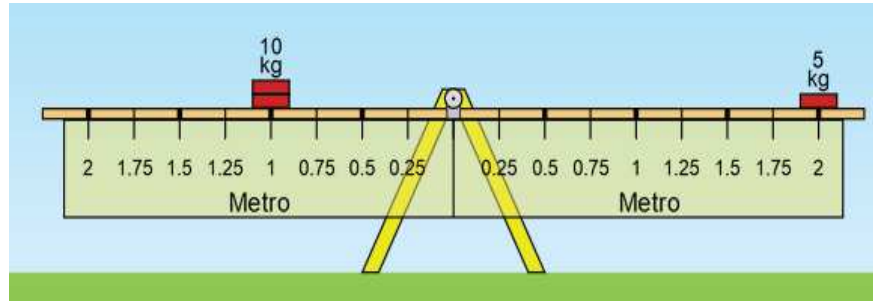
Fonte: Arquivo próprio (simulador PhET)

Verifica-se que a gangorra girou no sentido horário mesmo possuindo corpos de massas iguais dos dois lados da gangorra.

Essa experiência mostra que para existir o equilíbrio, não basta que existam pesos iguais dos dois lados da alavanca em relação ao ponto de apoio. É também necessário conhecer a que distância do ponto de apoio eles se encontram. Dessa forma, através de uma alavanca é possível que um peso grande seja equilibrado por um peso pequeno. Nesse caso, é preciso que o objeto de menor massa esteja mais distante do ponto de apoio do que o objeto de maior massa. Assim, podemos dizer que a alavanca é um dispositivo que pode “multiplicar” a intensidade de uma força com o objetivo de realizar determinado trabalho.

Veja a situação representada na figura dada a seguir:

Figura 7: Gangorra em equilíbrio



Fonte: Arquivo próprio (simulador PhET)

Observa-se, no exemplo acima, que a gangorra se encontra em equilíbrio mesmo possuindo corpos de massas diferentes localizados em lados opostos da gangorra em relação ao ponto de apoio. Um corpo de massa igual a 10 Kg e que se encontra a 1m de distância em relação ao ponto de apoio pode ser equilibrado por um corpo de 5Kg ao ser colocado a 2m do ponto de apoio conforme mostra a figura 7.

Se pensarmos em utilizar uma alavanca para suspender um determinado objeto, podemos utilizar uma força bem menor do que o peso desse objeto para levantá-lo. Trata-se do mesmo princípio exposto na gangorra.

O equilíbrio da alavanca pode ser representado em módulo por:

$$T_A = T_B \quad (5.46)$$

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{d_B}{d_A} \quad (5.47)$$

$$F_A \cdot d_A = F_B \cdot d_B \quad (5.48)$$

Observa-se que a situação de equilíbrio da alavanca depende das forças aplicadas e das distâncias entre o ponto de aplicação das forças e o ponto de apoio. As forças que se localizam do lado esquerdo do ponto de apoio tendem a girar a alavanca no sentido anti-horário. Já as forças localizadas a direita do ponto de apoio tendem a girar a alavanca no sentido horário. Se a força estiver atuando sobre o plano de apoio (a força se localiza no plano vertical que passa

pelo ponto de apoio), ela não apresentará tendência de girar a alavanca. Nesse caso, o braço de alavanca é nulo e, portanto, o torque causado por essa força também será nulo.

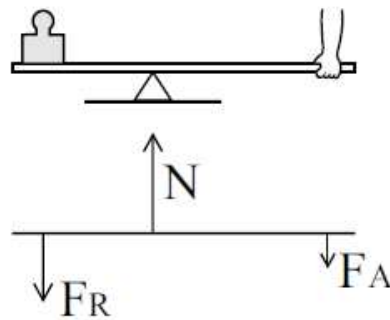
A alavanca apresenta como característica uma vantagem mecânica que pode ser definida como sendo a razão entre a força resistente e a força aplicada.

Para compreender como uma alavanca funciona é preciso considerar três elementos: a força aplicada (ou força potente), o ponto de apoio e a força resistente. Dependendo da posição do apoio em relação às forças aplicada e resistente, temos três tipos de alavancas: interfixa, inter-resistente e interpotente.

### 5.5 TIPOS DE ALAVANCAS

As alavancas interfixas são aquelas em que o ponto de apoio, local onde atua a força  $\vec{N}$ , se localiza entre a força aplicada ( $\vec{F}_A$ ) e a força resistente ( $\vec{F}_R$ ). Consideramos que  $\vec{N}$  representa a força que o apoio exerce sobre a haste da alavanca. A figura a seguir mostra a posição das forças atuantes sobre a alavanca e o ponto de apoio.

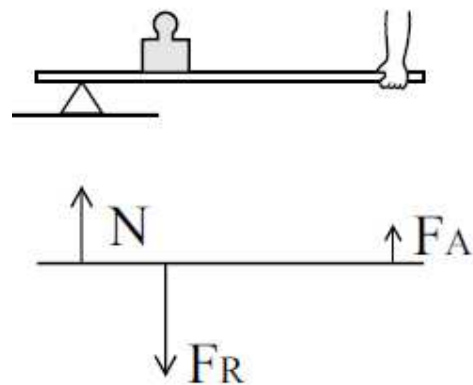
Figura 8: Alavanca interfixa



Fonte: Alavanca interfixa (ASSIS, 2011 p.168)

As alavancas inter-resistentes são aquelas em que a força resistente ( $\vec{F}_R$ ) é verificada entre o ponto de apoio e a força aplicada ( $\vec{F}_A$ ). A figura a seguir mostra a posição das forças atuantes sobre a alavanca e o ponto de apoio.

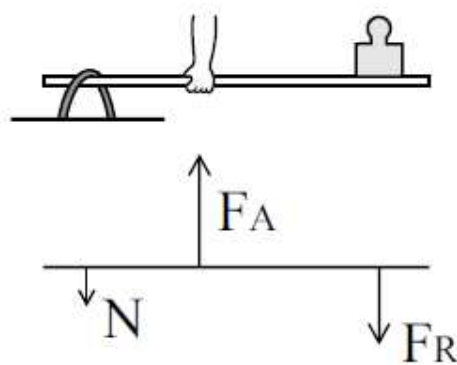
Figura 9: Alavanca inter-resistente



Fonte: Alavanca inter-resistente (ASSIS, 2011 p.168)

As alavancas interpotentes são aquelas em que a força aplicada ( $\vec{F}_A$ ) é verificada entre o ponto de apoio e a força resistente ( $\vec{F}_R$ ). A figura a seguir mostra a posição das forças atuantes sobre a alavanca e o ponto de apoio.

Figura 10: Alavanca interpotente



Fonte: Alavanca interpotente (ASSIS, 2011 p.168)

Anteriormente, vimos que pesos iguais atuando a distâncias diferentes do ponto de apoio tendem a girar a alavanca.

A parte da sequência didática desenvolvida no Centro de Ciências da UFJF apresentou em seu primeiro momento um caso simples em que o ponto de apoio da alavanca (eixo horizontal ao redor do qual ela pode girar) estava verticalmente acima do centro de gravidade da alavanca. Nesse caso, o peso da alavanca não a fez girar, uma vez que ele estava agindo sobre o próprio apoio. Assim, para essa situação, podemos definir que a alavanca permaneceu



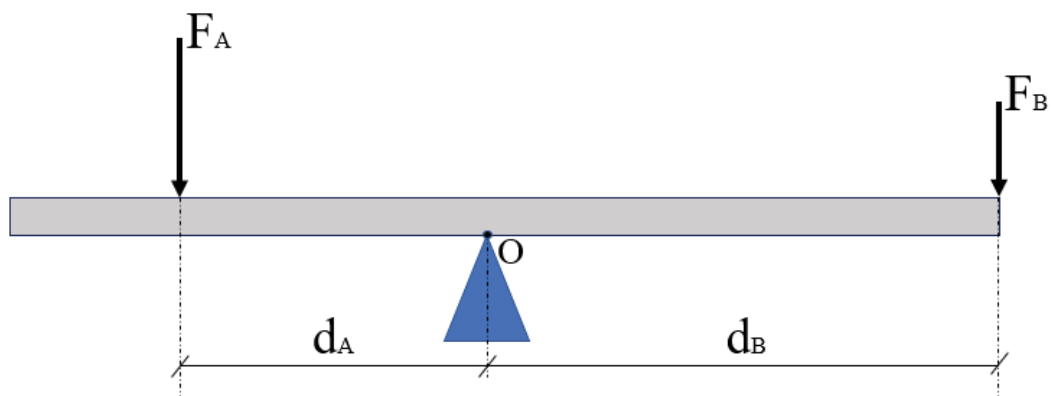
em repouso na horizontal sob a ação de duas forças  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$ , distantes do apoio de  $d_A$  e  $d_B$ , respectivamente, quando for satisfeita a seguinte relação:

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{F_A d_A}{F_B d_B} \quad (5.49)$$

Sendo  $T_A$  e  $T_B$  os módulos dos torques gerados pelas forças  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$ .

A figura a seguir representa a situação de equilíbrio.

Figura 11: Alavanca em equilíbrio estático



Fonte: Arquivo próprio

Concluimos que para uma situação de equilíbrio horizontal, a equação anterior deverá apresentar a seguinte condição de valores em módulo:

$$T_A = T_B \quad (5.50)$$

Dessa forma, teremos em módulo:

$$\frac{F_A d_A}{F_B d_B} = 1 \quad (5.51)$$

Caso tenhamos em módulo  $(T_A / T_B) > 1$ , a alavanca irá girar no sentido anti-horário. Por outro lado, se tivermos em módulo  $(T_A / T_B) < 1$ , a alavanca irá girar no sentido horário.

Resumidamente, pode-se dizer que, em módulo, serão iguais os torques atuando dos dois lados de uma alavanca que esteja em equilíbrio horizontal.

A compreensão desse primeiro caso simples é fundamental para se estudar o movimento de rotação de corpos rígidos em outros casos mais complexos.

Na questão 4 da sequência didática foi proposta uma situação em que a tábua da alavanca foi deslocada para a direita do ponto de apoio. Nesse caso, o centro de gravidade da alavanca não coincide com o eixo vertical que passa pelo ponto de apoio. Assim, a força peso da alavanca exerce um torque na própria alavanca, uma vez que possui uma distância não nula do ponto de sua aplicação (centro de gravidade) até o ponto de apoio.

Podemos postular que uma alavanca estará em equilíbrio horizontal quando satisfeita a equação dada a seguir:

$$\sum_{i=1}^N \frac{P_i d_i}{P_0 d_0} = \sum_{i=N+1}^{N+M} \frac{P_i d_i}{P_0 d_0} \quad (5.52)$$

Sendo:

$N$  = corpos do lado esquerdo da alavanca em relação ao ponto de apoio.

$M$  = corpos do lado direito da alavanca em relação ao ponto de apoio.

$P_i$  = módulo do peso do corpo  $i$  atuando à distância horizontal  $d_i$  do plano vertical passando pelo ponto de apoio da alavanca.

$P_0$  é o módulo do peso e  $d_0$  é a distância escolhidos arbitrariamente (poderia ser  $P_1$  e  $d_1$ ,  $P_2$  e  $d_2$ , ...).

O lado da alavanca que tiver a maior soma vai se aproximar do chão, enquanto que o outro lado irá se afastar.

## 5.6 ARQUIMEDES – POSTULADOS E PROPOSIÇÕES SOBRE O EQUILÍBRIO ESTÁTICO DOS CORPOS

O conceito de centro de gravidade é atribuído a Arquimedes. Sua obra “Sobre o Equilíbrio das Figuras Planas” ou “Sobre os Centros de Gravidade das Figuras Planas” passou por sucessivas traduções. A original foi escrita em grego e traduzida para o inglês e francês e, posteriormente, para o português. A tradução francesa foi realizada por Charles Mugler.

De acordo com Assis (2011), a origem do conceito de centro de gravidade ocorreu de forma experimental. Nos registros deixados na obra de Arquimedes há estudos sobre o equilíbrio de figuras planas que dialogam com o princípio de funcionamento das alavancas. Tais estudos são descritos e demonstrados por Arquimedes através de postulados que apresentam o comportamento de pares de pesos apoiados sobre uma haste. Dessa forma, percebe-se o caminho percorrido pelo cientista para construir o conceito de centro de gravidade e o estudo das alavancas.

A seguir são apresentados os postulados desenvolvidos por Arquimedes (MUGLER apud ASSIS, 2011, p.214).

Postulado 1. Postulamos que pesos iguais se equilibram a distâncias iguais e que pesos iguais suspensos a distâncias desiguais não se equilibram, mas que se inclinam do lado do peso suspenso à maior distância.

Postulado 2. Quando pesos suspensos a certas distâncias estão em equilíbrio, se adicionarmos algum corpo a um dos pesos, os pesos não mais se equilibrarão, mas haverá uma inclinação do lado do peso ao qual foi adicionado algum corpo.

Postulado 3. Da mesma forma, se removermos qualquer coisa de um dos dois pesos que se equilibravam a certas distâncias, os pesos não mais se equilibrarão, mas haverá uma inclinação do lado do peso do qual nada foi retirado.

Postulado 4. Nas figuras planas iguais e semelhantes, sobrepostas uma sobre a outra, os centros de gravidade também se sobrepõem um sobre o outro.

Postulado 5. Nas figuras planas desiguais, mas semelhantes, os centros de gravidade serão situados semelhantemente. Dizemos que pontos estão situados semelhantemente nas figuras semelhantes quando as linhas retas ligando estes pontos aos vértices dos ângulos iguais formam ângulos iguais com os lados homólogos.

Postulado 6. Se grandezas se equilibram a certas distâncias, então grandezas equivalentes a estas grandezas se equilibrarão, por sua vez, nas mesmas distâncias.

Postulado 7. O centro de gravidade de toda figura cujo perímetro gira sua concavidade para o mesmo lado tem de estar no interior da figura.

Os postulados apresentados por Arquimedes mostram algumas situações de equilíbrio estático utilizando uma balança com determinados corpos de prova. Além de trabalhar com a construção do conceito de centro de gravidade, são analisados os movimentos de rotação que os corpos de prova realizam em relação ao ponto de apoio (ponto de sustentação). Dessa forma,

acaba por introduzir os conceitos envolvidos no princípio de funcionamento das alavancas e a própria definição de torque.

Além dos postulados, Arquimedes apresenta também algumas importantes proposições.

Proposição 1. Os pesos que se equilibram a distâncias iguais são iguais entre si. Se, com efeito, os pesos forem desiguais, quando o excesso de peso do maior tiver sido retirado, os pesos restantes não mais se equilibrarão, pois foi retirada alguma coisa de um dos dois pesos que estavam em equilíbrio. Segue-se que os pesos que se equilibram a distâncias iguais são iguais.

Proposição 2. Os pesos desiguais suspensos a distâncias iguais não se equilibram, mas há uma inclinação do lado maior. Se, com efeito, for retirado o excesso de peso, os pesos se equilibrarão, já que pesos iguais se equilibram em distâncias iguais. Consequentemente, ao adicionar o que havia sido retirado, haverá uma inclinação do lado maior, pois terá sido adicionada alguma coisa a um dos dois pesos que se equilibraram.

Proposição 3. Pesos desiguais se equilibrarão em distâncias desiguais, com o peso maior encontrando-se na distância menor.

Proposição 4. Se duas grandezas iguais não possuem o mesmo centro de gravidade, o centro de gravidade da grandeza composta por estas duas grandezas estará no ponto médio do segmento de reta ligando os centros de gravidade das duas grandezas.

Proposição 5. Se os centros de gravidade de três grandezas estão situados sobre a mesma reta, se estas grandezas possuem o mesmo peso e se os segmentos de reta entre os centros de gravidade são iguais, então o centro de gravidade da grandeza composta pela soma das três grandezas será o ponto que também é o centro de gravidade da grandeza situada no meio.

Proposição 6. Duas grandezas comensuráveis se equilibram em distâncias inversamente proporcionais a seus pesos.

Proposição 7. Da mesma maneira, se duas grandezas são incomensuráveis, elas se equilibrarão em distâncias inversamente proporcionais às grandezas. (MUGLER, apud ASSIS, 2011, p.215-216).

A condição de equilíbrio estabelecida na proposição 1 (Pesos que se equilibram a distâncias iguais são iguais) somente será válida se a alavanca estiver posicionada com o seu centro de massa localizado sobre o ponto de apoio. A partir dessa análise, podemos concluir que “Pesos desiguais a distâncias iguais não se equilibram e irão inclinar para o lado de maior peso” (proposição 2).

É possível também estabelecer uma situação em que “Pesos desiguais irão equilibrar a distâncias desiguais com o peso maior estando à menor distância” (proposição 3).

É importante ressaltar que as distâncias utilizadas (braços de alavanca) são medidas a partir do centro de gravidade até o ponto de apoio. Nos casos apresentados, o centro de gravidade coincide com o centro de massa, uma vez que o campo gravitacional nas redondezas foi considerado uniforme.

As proposições 4 e 5 referem-se à determinação do centro de gravidade. Trata-se de um cálculo fundamental, pois é a partir do centro de gravidade que determinamos a medida do braço de alavanca.

A proposição 6 destaca que “Grandezas comensuráveis<sup>1</sup> se equilibram em distâncias inversamente proporcionais a seus pesos”. Trata-se do princípio de funcionamento das alavancas (Lei da alavanca)<sup>2</sup>. Essa experimentação de Arquimedes apresenta a seguinte condição: o centro de gravidade do sistema composto pela alavanca e pelos corpos utilizados tem de estar localizado ao longo da linha vertical que passa pelo ponto de apoio.

As proposições de Arquimedes mostram, portanto, algumas experimentações realizadas possibilitando análises das variáveis envolvidas. Ao modificar a posição do corpo de prova, por exemplo, Arquimedes altera o valor do braço de alavanca. Dessa forma, possibilita relacioná-la com as condições de equilíbrio da balança. Outra variável considerada pelo cientista é a força. No caso, ele propõe a utilização de diversos corpos de pesos diferentes para verificar como irão influenciar no equilíbrio da balança.

A partir das análises das variáveis, Arquimedes trabalha também com o conceito de centro de gravidade. Esse conceito é fundamental para o estudo e compreensão do equilíbrio estático dos corpos e do princípio de funcionamento das alavancas.

O trabalho realizado nesta pesquisa não apresentou como foco principal um estudo aprofundado da determinação do centro de gravidade. Porém, é importante ressaltar que a abordagem dada para esse conceito foi conduzida de maneira suficiente para se atingir os objetivos estipulados. Além disso, outros professores poderão desenvolver novas sequências didáticas que possam abordar mais profundamente o assunto.

As atividades investigativas desenvolvidas na sequência didática desta pesquisa contemplaram alguns dos postulados e proposições apresentados por Arquimedes. Tal fato pode ser observado no capítulo 6 que apresenta a metodologia aplicada e as análises de aplicação do produto educacional.

---

<sup>1</sup> Grandezas comensuráveis são aquelas que correspondem a múltiplos de um segmento comum.

<sup>2</sup> No Apêndice B da dissertação pode ser verificada a definição do centro de gravidade a partir da Lei da alavanca.

## 6. O PRODUTO EDUCACIONAL, A METODOLOGIA APLICADA E AS ANÁLISES DOS RESULTADOS

Neste capítulo há uma apresentação detalhada do público-alvo, do produto educacional (sequência didática), do kit experimental utilizado e das atividades desenvolvidas. Para o desenvolvimento das atividades, foram utilizados os referenciais teóricos apresentados no capítulo 4 (Teoria de desenvolvimento humano de Vygotsky e Ensino por investigação). Juntamente com a apresentação das atividades, há relatos da aplicação do produto educacional e análises de resultados. Para avaliar os resultados foram utilizados alguns indicadores da alfabetização científica.

### 6.1 A ESCOLHA DO PÚBLICO-ALVO

A instituição escolhida foi uma escola pública da cidade de Juiz de Fora. Essa escola oferece ensino em três turnos (manhã, tarde e noite). No turno da manhã, há turmas para os três anos do Ensino Médio Regular e também uma turma de educação integral do Ensino Fundamental. No turno da tarde, há várias turmas de Ensino Fundamental II (do sexto ao nono anos). E no turno da noite a escola disponibiliza turmas de Ensino Médio Regular, Educação de Jovens e Adultos (EJA) e Cursos Técnicos.

Quanto ao espaço físico da escola, tem-se: uma sala de professores ampla, doze salas de aula, uma sala de biblioteca, uma sala adaptada para auditório, uma cozinha, um refeitório, uma sala de direção, uma sala para orientadoras de turno, uma sala de informática desativada, uma quadra, um espaço para horta, um campo de futebol. Percebe-se a falta de espaço para o “laboratório” de ciências e para utilização de multimídias.

As feiras de ciências realizadas na escola são momentâneas, ou seja, são realizadas em apenas um pequeno período do ano letivo. Além disso, todo o trabalho experimental apresentado na escola vira sucata, simplesmente pelo fato de não haver um espaço adequado para guardar o material.

Apesar de ter uma área enorme, a escola apresenta uma falta de estrutura, no que diz respeito ao desenvolvimento das chamadas atividades investigativas. Uma vez que a escola não possui um espaço físico destinado à realização de experimentos, não possibilita também o “estoque” de materiais que possam ser reutilizados em outras feiras. Sendo assim, a falta de material também se torna um problema.

Ainda sobre o espaço físico da escola, as salas de aulas são bem grandes e por isso possibilitam a formação de turmas que possuem em média 40 alunos. Trata-se de um fator que deve ser considerado ao planejar as avaliações. Quanto maior o número de alunos por turma, maiores serão os desafios encontrados para se avaliar. Como citado anteriormente, os desafios devem permear toda a avaliação.

A turma escolhida para o desenvolvimento da pesquisa foi a 2MB, ou seja, uma turma de segundo ano do Ensino Médio Regular do turno da manhã. Essa turma possui duas aulas semanais de Física de 50 minutos cada.

Outro fator relevante para a pesquisa foi o fato de a direção escolar (diretora, vice-diretores, coordenadores pedagógicos) ser amplamente favorável ao desenvolvimento de projetos e por isso permitir certa flexibilidade dos horários.

### 6.3 O KIT EXPERIMENTAL

A elaboração do kit experimental apresentou algumas versões anteriores que foram fundamentais para o planejamento das atividades. Inicialmente foram utilizados corpos de prova de massas entre 300g e 500g. Ao posicionar os corpos de prova sobre as régua de madeira, verificamos uma grande deformação. Entende-se por deformação de um corpo extenso como sendo uma mudança na sua configuração geométrica, ou seja, uma variação de sua forma e dimensão causada por uma força externa (peso do corpo de prova). Dessa forma, testamos vários corpos de prova de massas diferentes e procuramos limitar o valor máximo em uma situação em que a deformação da régua não pode ser percebida visualmente.

Uma outra possibilidade de utilização das régua de madeira também foi amplamente discutida durante o planejamento das atividades. Inicialmente, pensamos em fazer diversos furos na régua para pendurar os corpos de prova. O objetivo seria facilitar a determinação do ponto de atuação da força peso e, posteriormente, a medida do braço de alavanca. Porém, percebemos que tal procedimento evitaria uma discussão sobre a determinação do centro de gravidade e conseqüentemente sobre a determinação do braço de alavanca.

O kit experimental (figura 12) utilizado na sequência didática por cada grupo de alunos apresenta os seguintes materiais:

Figura 12 – Kit experimental



Fonte: Arquivo próprio

1. uma balança de precisão;
2. uma balança comum;
3. duas réguas de madeira de 1m cada;
4. uma trena de 5m;
5. um corpo de prova de massa desconhecida;
6. cinco corpos de prova de massas conhecidas;
7. um caderno de atividades.

A balança de precisão (item 1) e a balança comum (item 2) podem ser encontradas na maioria das lojas de utilitários para residências.

As réguas de madeira (item 3) são encontradas em algumas papelarias.

As trenas de 5m (item 4) podem ser compradas em lojas de materiais elétricos ou em lojas de materiais para construção civil.

O corpo de prova de massa desconhecida (item 5) pode ter um formato igual ou diferente dos outros corpos de prova.

Os corpos de prova (item 6) de massas conhecidas foram montados com caixas de acrílico com as dimensões: base quadrada de 4,5cm por 4,5cm; altura de 5cm. Tanto a areia colorida como os potinhos de acrílico podem ser encontrados em lojas de utilitários domésticos.



Cada corpo de prova foi preenchido com areia fina colorida. Para que cada corpo de prova pudesse ter a massa especificada, foi utilizada uma balança de precisão.

Foram produzidos para cada grupo de alunos corpos de prova de massas: 50g, 75g, 100g, 125g e 150g. Além disso, cada grupo recebeu um corpo de prova de massa desconhecida.

Por fim, temos o caderno de atividades (item 7) que pode ser verificado no Apêndice A deste produto educacional.

O caderno de atividades do aluno apresenta: problematização inicial com alguns questionamentos sobre a situação-problema; descrição dos materiais que constituem o kit experimental; objetivos das atividades; equações; questões dissertativas conceituais; questões dissertativas de cálculo; espaços para respostas. Além de possibilitar o desenvolvimento das resoluções das atividades, o caderno apresenta como objetivo ser um instrumento de apoio para os alunos.

A utilização do kit experimental envolveu as experimentações 1 e 2 da sequência didática.

A experimentação 1 envolveu diversas atividades no laboratório de Física do Centro de Ciências. Nessas atividades, os alunos utilizaram o kit experimental descrito anteriormente (Figura 12) contendo os seguintes materiais: duas réguas de madeira de um metro cada, cinco corpos de provas de massas conhecidas e diferentes, um corpo de prova de massa desconhecida, uma trena, uma balança de precisão, uma balança comum, um caderno de atividades. Os assuntos abordados foram: o que é uma alavanca; para que serve uma alavanca; quais as forças presentes na utilização da alavanca; o que é torque ou momento de uma força; relações entre força e torque; centro de massa; centro de gravidade; equilíbrio estático dos corpos sólidos.

Já a experimentação 2 ocorreu no salão principal do Centro de Ciências. Nessa etapa, os alunos utilizaram uma alavanca para suspender uma pessoa. No caso, foram propostas duas situações distintas: a primeira com o braço da alavanca encolhido; a segunda com o braço da alavanca esticado. Durante a realização da experimentação (situação 1 e situação 2), os alunos calcularam as forças mínimas necessárias para suspender o corpo. Após os cálculos realizados e registrados no caderno de atividades, os alunos apresentaram suas análises e resultados.

## 6.4 O PRODUTO EDUCACIONAL: DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática desenvolvida apresentou diversos momentos de aplicação de atividades investigativas. A seguir há uma descrição metodológica dos seguintes momentos: primeira visita da turma ao Centro de Ciências da UFJF; capacitação dos alunos monitores; aplicação da sequência didática com os alunos monitores; aplicação da sequência didática com a turma; segunda visita da turma ao Centro de Ciências da UFJF com aplicação de parte da sequência didática; autoavaliação; avaliação utilizando o simulador PhET Colorado.

### 6.4.1 A primeira visita ao Centro de Ciências da UFJF

No dia 31 de maio de 2019, turno da manhã, foi realizada a primeira visita com os alunos da turma 2MB ao Centro de Ciências de Juiz de Fora. A visita apresentou as seguintes atividades: interação com os experimentos do salão principal do Centro de Ciências (duração de 1h30min); apresentação e interação com a tabela periódica interativa (duração de 40 min); apresentação de uma seção do planetário (duração de 30 min); realização do lanche coletivo (duração de 30 min);

A figura dada a seguir mostra registros da primeira visita da turma ao Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Figura 13: Primeira visita ao Centro de Ciências



Fonte: Arquivo próprio

A primeira visita foi realizada de forma convencional, ou seja, os alunos bolsistas da UFJF orientaram os alunos visitantes durante as observações dos experimentos. Foi designado um aluno bolsista para cada grupo de 4 ou 5 alunos visitantes.

Na primeira parte da visita, realizada no salão do Centro de Ciências, os alunos visitantes tiveram a oportunidade de interagir com os experimentos e observarem os fenômenos ocorridos.

Os experimentos disponíveis no salão eram: freio magnético, Hovercraft, alavanca, cama de pregos, efeito Magnus, aerodinâmica, janela infinita, periscópio, caleidoscópio, acústica, condutores e isolantes, gerador de Van De Graaf, máquina de Wimshurst. Embora tenham mostrado curiosidade e interesse em compreender cada fenômeno ocorrido, não houve a realização de registros e análises que pudessem aprofundar as discussões.

Após cada grupo de alunos passar pelos diversos experimentos, eles foram guiados até a tabela periódica interativa, apresentada por dois alunos bolsistas da UFJF. Inicialmente, apresentaram diversas características dos elementos químicos, identificando suas classificações de acordo com a família a qual estavam inseridos. Após a apresentação da tabela periódica e de seus elementos, realizaram alguns experimentos com determinados elementos químicos. Para encerrar essa etapa da visita, abriu-se espaço para que os alunos pudessem realizar perguntas e tirarem possíveis dúvidas.

Posteriormente, os alunos foram levados para o Planetário com o objetivo de assistirem uma apresentação. Após a apresentação de aproximadamente 30 minutos, o professor abriu espaço para que os visitantes pudessem fazer perguntas e questionamentos.

A partir da visita realizada, surgiram alguns questionamentos: será que ocorreram de fato aprendizagens que pudessem favorecer a alfabetização científica dos alunos? Ocorreram interações sociais que pudessem contribuir para o aumento da Zona de Desenvolvimento Real dos alunos? Os alunos compreenderam os conceitos científicos envolvidos nos experimentos apresentados?

Para fazer uma análise qualitativa dessa primeira visita, foram realizados registros através das observações do professor. Tais registros mostraram que grande parte dos alunos observavam as explicações dos bolsistas da UFJF sem apresentar perguntas ou questionamentos. Nesse caso, atuaram como espectadores observando as explicações e execuções dos experimentos.

Segundo Vygotsky (apud REGO, 2014), o processo de formação de conceitos é longo e complexo. Tal processo envolve ações do tipo: ter atenção, desenvolver raciocínios, comparar

e diferenciar situações diversas, entre outras. Dessa forma, para aprender conceitos científicos é necessário, além de apresentar informações de um determinado experimento, desenvolver uma intensa atividade mental por parte dos estudantes. Portanto, um conceito científico não é aprendido por meio de treinamento mecânico, nem tampouco pode ser apenas transmitido pelo professor ou por outros mais capazes.

A partir de análises aprofundadas dos registros da primeira visita, ficou clara a necessidade de se buscar possibilidades de desenvolvimento de atividades investigativas no Centro de Ciências que pudessem gerar situações de aprendizagens dos conceitos científicos envolvidos nos experimentos. Então, a partir de tais análises iniciou-se todo planejamento para o desenvolvimento de uma sequência didática utilizando atividades investigativas no Centro de Ciências da UFJF.

A seguir há uma descrição de todo o processo de formação dos alunos monitores que apresentaram um importante papel de mediação durante as atividades investigativas desenvolvidas.

#### **6.4.2 A capacitação dos alunos monitores**

A ideia de se escolher alunos monitores surgiu da necessidade de facilitar as interações sociais da turma durante o desenvolvimento da sequência didática. A turma escolhida foi um segundo ano matutino do Ensino Médio, da Escola Estadual Presidente Costa e Silva. Inicialmente, a turma possuía 42 alunos matriculados.

A escolha dos alunos monitores ocorreu em março de 2019. Foi explicado para a turma: quais seriam as funções deles; a necessidade de disponibilidade de tempo para as reuniões de estudos e visitas ao Centro de Ciências da UFJF; a importância de estudos diários conforme a realização das atividades.

Inicialmente, cinco alunos se disponibilizaram para exercer a função de monitor. Porém, um deles acabou desistindo por questões de trabalho e, conseqüentemente, apresentou indisponibilidade de horário para as reuniões e estudos. Dessa forma, permaneceram quatro alunos.

A imagem apresentada a seguir, mostra alguns momentos da capacitação dos alunos monitores realizada no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Figura 14: Capacitação dos monitores no Centro de Ciências da UFJF



Fonte: Arquivo próprio

A capacitação aconteceu de forma contínua durante todo o período de desenvolvimento da sequência didática, conforme descrito posteriormente.

No final do mês de março, foi realizada uma reunião com os alunos monitores para planejamento inicial das atividades que seriam desenvolvidas durante o ano letivo.

No dia 4 de abril de 2019, no Centro de Ciências da UFJF, realizou-se o primeiro encontro dos alunos monitores com os bolsistas da UFJF. Inicialmente, no laboratório de Física e posteriormente no salão principal onde estão os experimentos. No laboratório, foi realizada uma oficina de Estática por bolsistas, uma aluna do curso de Licenciatura em Física da UFJF e a outra do curso de Engenharia elétrica. Já no salão principal, os monitores puderam interagir com os experimentos (destaque para a alavanca), discutir e tirar dúvidas com elas.

O segundo encontro ocorreu no dia 11 de abril de 2019. Na primeira parte, houve uma oficina de óptica no laboratório de Física. Já a segunda parte ocorreu no salão principal do Centro de Ciências. Durante a interação com os experimentos disponíveis no salão, percebeu-se uma maior concentração dos alunos monitores no sentido de tentar compreender os fenômenos ocorridos.

O terceiro encontro ocorreu no dia 25 de abril. Dessa vez, os alunos monitores tiveram a oportunidade de participar de uma oficina sobre eletricidade. Como ocorrido nas visitas anteriores, tivemos um momento também de interação no salão principal.

O quarto encontro aconteceu no dia 30 de maio. Além de aprimorarmos os estudos no salão principal, foi apresentada uma seção no Planetário. Após a realização da seção, iríamos para o observatório, mas devido ao mal tempo, não foi possível a realização dessa atividade.

O quinto encontro foi na sala de informática do Centro de Ciências. A oficina realizada dessa vez foi sobre Arduino. Cada aluno monitor recebeu uma placa de Arduino e componentes necessários para a realização da atividade proposta pelos alunos bolsistas.

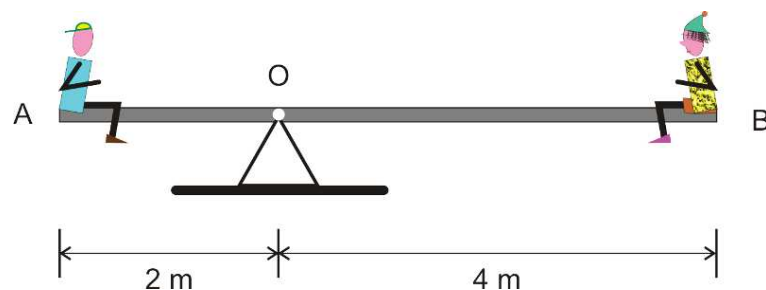
Após o quinto encontro, foi realizada a primeira visita da turma 2MB ao Centro de Ciências da UFJF.

Além das oficinas realizadas no Centro de Ciências da UFJF, os alunos monitores participaram de diversas reuniões de planejamento e aplicação das atividades investigativas.

A primeira reunião com os alunos monitores, após a visita da turma ao Centro de Ciências, ocorreu no dia 7 de agosto de 2019, na Escola Estadual Presidente Costa e Silva. Nessa reunião, foi aplicada uma avaliação diagnóstica (Momentos 1 e 2 da sequência didática). No Momento 1, foi apresentada uma situação-problema sobre equilíbrio estático dos corpos sólidos.

A situação-problema trabalhada com os alunos monitores apresentou o seguinte enunciado: “Na década de 1980, era bastante comum as brincadeiras de crianças nos quintais e nas ruas próximas das casas onde moravam. O pai de João e Maria, Sr. Otávio, adorava construir os brinquedos para seus filhos. Já havia feito carrinhos de rolimã, piões, tabuleiro de jogo de botão, entre outros. Certo dia, ele resolveu construir uma gangorra. Deixou tudo preparado e faltava apenas fixar a gangorra com uma dobradiça móvel no ponto de apoio O. Enquanto o Sr. Otávio tirava um descanso, João (posição A) e Maria (posição B) apoiaram a tábua de madeira sobre a base de apoio e começaram a brincar.”

Figura 15: João e Maria na gangorra



Fonte: Arquivo próprio

De acordo com a figura, percebemos que João e Maria apoiaram a tábua de madeira de maneira não simétrica em relação ao ponto de apoio. Pensando nisso, como será o desenrolar da brincadeira?

A partir da situação-problema apresentada, considerando agora o momento 2 da sequência didática, cada aluno monitor respondeu as seguintes questões: Alguém controla a brincadeira? Por quê? Existe alguma possibilidade de deixar João ou Maria sem levar vantagem? Qual seria? Você saberia dizer o que é uma alavanca e para que ela serve? Como podemos relacionar a gangorra com uma alavanca? Você sabe dizer o que é momento de uma força ou torque? Como as forças envolvidas influenciam na brincadeira da gangorra? Que forças são essas? João e Maria apresentam distâncias diferentes até o ponto de apoio. Como você modificaria a posição de um deles em relação ao ponto de apoio para que a brincadeira se torne mais viável? Justifique a sua resposta.

A avaliação diagnóstica dos monitores (avaliação individual) aplicada, no dia 7 de agosto de 2019, trouxe alguns dados importantes. Dos quatro alunos monitores, três apresentaram como resposta que a criança que está mais distante do ponto de apoio levará vantagem na brincadeira da gangorra em relação à outra criança. Sobre a definição de alavanca, todos destacaram a função de levantar objetos e a importância de se ter um ponto de apoio.

Nenhum dos monitores mencionou qualquer questionamento a respeito do peso das crianças, ou seja, não consideraram a influência dos pesos das crianças na brincadeira da gangorra.

Apenas um monitor considerou que o peso da tábua irá influenciar na brincadeira quando o ponto de apoio não estiver centralizado.

Nenhum dos monitores soube definir momento de uma força ou torque.

A sequência didática foi estruturada a partir de análises dos Momentos 1 e 2 aplicados com os alunos monitores e da primeira visita da turma.

O assunto da sequência didática foi “Equilíbrio Estático dos Corpos Sólidos e o princípio de funcionamento da Alavanca”. A partir da escolha do tema, montou-se um kit experimental para o desenvolvimento das atividades com os seguintes materiais: duas régua de madeira com 1 metro cada; dois corpos de prova de 50g; dois corpos de prova de 75g; dois corpos de prova de 100g; dois corpos de prova de 125g; dois corpos de prova de 150g; um corpo de prova de massa secreta; uma balança de precisão; uma trena de 5 metros; um caderno de atividades com descrição e orientação das atividades a serem desenvolvidas.

Os objetivos das atividades que compõem a sequência didática são: definir equilíbrio estático dos corpos sólidos; discutir e identificar as possibilidades de equilíbrio utilizando corpos de massas diferentes; manipular os corpos de massas diferentes de maneira a construir

diversas possibilidades de equilíbrio; analisar e calcular o torque em cada um dos lados de uma gangorra; calcular o momento resultante; relacionar o momento resultante com o equilíbrio da gangorra.

Os momentos seguintes da sequência didática com um único grupo formado pelos alunos monitores são descritos a seguir.

### 6.4.3 Aplicação da Sequência didática com os alunos monitores

A sequência didática (momentos 3 ao 7), com os quatro alunos monitores, foi realizada no dia 15 de agosto de 2019, teve início às 14 horas e término às 17 horas. A primeira parte foi realizada no laboratório de Física do Centro de Ciências da UFJF, com a duração de duas horas. Já a segunda parte foi no salão principal do Centro de Ciências, com duração aproximada de 45 minutos. Os alunos tiveram 15 minutos de intervalo entre as duas etapas.

Para realizar as atividades desenvolvidas, os alunos monitores receberam os seguintes materiais: um caderno de atividades, duas réguas de madeira de 1m cada, vários corpos de prova de massas diferentes (50g, 75g, 100g, 125g, 150g) e alguns corpos de prova de massa desconhecida (não identificada).

A situação-problema inicialmente apresentada foi: como podemos determinar a massa do corpo de prova secreto sem utilizar uma balança?

Posteriormente, mostrou-se aos alunos o material a ser utilizado, em seguida, pediu-se para que escolhessem um corpo de prova de massa desconhecida e um corpo de prova de massa conhecida.

Os monitores escolheram inicialmente dois corpos de prova, um de 125g e o outro de massa desconhecida (100g – valor não informado para os alunos monitores). Após a escolha desses corpos, foi pedido para apoiarem uma régua sobre a outra para posteriormente colocarem os corpos de prova sobre a régua de cima. Eles apoiaram a régua de maneira que o ponto de apoio ficou justamente na medida de 50 cm. A seguir, é apresentada uma transcrição e análise da aplicação dessa etapa da sequência didática. Para preservar o nome dos alunos, os monitores foram chamados de M1, M2, M3 e M4.

**Professor:** Por que vocês apoiaram a régua na posição de 50 cm?

**M1:** Por causa do equilíbrio.



**Professor:** Por que ela equilibra na posição de 50 cm?

**M2:** Porque é a metade de 100 cm.

**Professor:** Então, podemos pensar em simetria em relação à distância em relação ao apoio. Muito bem. Os dois corpos de prova escolhidos deverão ser colocados sobre a régua de maneira que ela mantenha o equilíbrio. Agora é por conta de vocês.

**M2:** Nessa posição está errado porque não está simétrico.

**M3:** É, mas para equilibrar eu tive que colocar mais para frente.

**M2:** Então, quer dizer que esse corpo de prova daqui é mais pesado.

**M4:** Não, esse aqui é mais pesado.

**Professor:** Então, espera aí. Qual deles é o mais pesado? Por quê?

**M3:** Esse aqui.

**Professor:** Por que ele é mais pesado? Como vocês chegaram a essa conclusão?

**M3:** Se colocar esse aqui na mesma posição daquele, esse aqui vai pesar mais.

Percebe-se que nesse momento a aluna confunde o conceito de peso com o conceito de momento. Ao mudar a distância do corpo de prova, a aluna afirma que o corpo irá pesar mais.

**Professor:** Então, além do peso dos objetos, qual outra variável está fazendo diferença na questão do equilíbrio?

**M3:** A distância que eu estou colocando o corpo de prova.

**Professor:** A distância dele em relação a quê?

**M3:** A distância em relação ao ponto de apoio.

**Professor:** Então, agora vocês irão pegar o caderno de atividades e marcar no desenho da régua a localização de cada corpo de prova e a posição do ponto de apoio.

**M3:** Mas professor, eu vou pegar qual distância?

Nesse momento a aluna apontou para a posição da extremidade direita do corpo de prova e depois para a extremidade esquerda.

**Professor:** Não sei. Vocês vão pensar.

**M2:** No meio.

**Professor:** E aí. O que vocês acham?

Depois de esperar alguns segundos, lancei outro questionamento.

**Professor:** Por que você falou que é no meio?

**M2:** Porque o objeto está localizado entre eles. A posição entre 5 e 10.

**Professor:** Tem uma justificativa. Eu concordo contigo. Mas, por que nós utilizamos a distância em relação ao meio do objeto?

**M1:** Porque os dois lados têm o mesmo...

Por um instante os alunos monitores ficaram em silêncio. Nesse momento, evidenciou-se que eles apresentaram dificuldades em definir e relacionar a medida da distância com o ponto de atuação da força peso (centro de gravidade).

**Professor:** Então, vamos pensar na força peso. Como o peso atua em um corpo?

**M2:** Em relação ao volume?

**Professor:** Podemos pensar em relação ao espaço ocupado pelo corpo. Por exemplo, se quero equilibrar um corpo, eu consigo equilibrar o corpo apoiando aqui na beirada?

Nesse momento, peguei uma régua e mostrei como poderia equilibrá-la, apoiando-a em um único ponto.

**Monitores:** Não.

**Professor:** Em qual ponto da régua eu tenho que apoiar o corpo de prova para equilibrá-lo?

**Monitores:** No meio.

**Professor:** Por quê?

**M2:** Porque é o ponto de equilíbrio.

**Professor:** Então, vamos pensar na força peso. Qual é o local do corpo onde atua a força peso?

Os alunos fizeram silêncio por um instante.

**Professor:** Se formos fazer um desenho de um corpo, nesse desenho, podemos representar a força peso em qualquer lugar?

**M3:** Não.

**Professor:** Então, onde representamos a força peso?

**M3:** No centro.

**Professor:** Por que ali é o centro de?

**M2:** Gravidade.

**Professor:** Exatamente. O centro de gravidade. Então vocês fizeram uma observação muito importante. Falaram que a medida não pode ser na borda esquerda e nem na borda direita. Portanto, a medida tem que ser feita em relação ao centro de gravidade. Por que isso?

**M2:** Porque é onde está atuando a força gravitacional.

**Professor:** Isso. A força peso ou força gravitacional. Então, agora vocês irão fazer as medidas e realizar os registros.

Nesse momento, os alunos começaram a conversar sobre as medidas e a fazer os registros. Ocorreram algumas discordâncias no início, mas depois acabaram chegando a um consenso.

Após realizarem os cálculos das distâncias e registrarem no caderno de atividades, os alunos responderam aos questionamentos (registro após a experimentação 1 – parte 1).

Nesse instante, chegou o professor orientador Thales Costa Soares. Foi explicado para ele tudo que havíamos discutido até o momento. Em seguida, continuamos a aplicação das discussões das atividades.

**Professor:** Agora, como desafio, vocês devem determinar qual é a massa do corpo de prova de massa desconhecida. Como vocês poderiam determinar isso?

Os alunos ficaram em silêncio.

**Professor:** Vocês conseguem relacionar esse experimento com algum experimento do salão do Centro de Ciências?

**M2:** Sim. Com o experimento da alavanca.

**Professor:** Então, qual é a explicação para que ocorra uma situação de equilíbrio como essa que está representada aqui?

**M3:** Tem relação com o ponto de apoio?

**Professor:** O que tem o ponto de apoio?

**M3:** Não sei.

**Professor:** Se eu arredar esse corpo para lá, vai manter o equilíbrio?

**Monitores:** Não.

**Professor:** Por que não irá manter o equilíbrio?

**M2:** Vai influenciar no torque.

**Professor:** O que é o torque então?

**M2:** É o movimento.

**Professor:** Movimento para onde?

Os monitores começaram a rir.

**Professor:** É assim mesmo. Vocês me perguntam e eu respondo com outra pergunta.

De certa forma, ficou claro que foi estabelecido um clima favorável à aprendizagem dos alunos, ou seja, os sorrisos aconteceram de forma espontânea e mostraram que as dúvidas podem ser tratadas de forma natural. É importante salientar que através das dúvidas e das discussões realizadas, foram confrontados os conhecimentos espontâneos dos alunos monitores com os conceitos científicos abordados.

**Professor:** Para onde é o movimento de torque?

**M2:** Movimento em relação ao eixo de apoio.

**Professor:** Então, podemos falar em movimento de rotação em relação ao ponto de apoio. Não é isso? Então, quais fatores eu tenho que levar em consideração quando pretendo calcular o torque?

**M2:** A posição

**Professor:** Sim, a posição em relação a quê?

**M3:** Em relação ao ponto de apoio.

**Professor:** É por isso que vocês estão realizando o cálculo dessas distâncias, certo? Mas é só o valor da distância que altera o equilíbrio?

**M2:** Tem também o peso do corpo.

**Professor:** Então, estamos levando em consideração duas grandezas para calcular o torque. São elas, o peso do corpo e a distância do centro de gravidade até o ponto de apoio. Nós ainda não chegamos à fórmula matemática do cálculo do torque. Isso ainda não foi passado para vocês. Estamos construindo o conceito e definição de torque e de equilíbrio a partir da experimentação. Trata-se de uma investigação experimental. Esses são alguns dos nossos objetivos. Então, agora gostaria que vocês tentassem descobrir qual é a massa desse corpo de prova de massa secreta. Vou deixar vocês conversando e respondendo essa questão.

Foram dados 10 minutos para os alunos responderem às questões do caderno de atividades referente à experimentação 1.

Após os monitores responderem às questões, analisamos juntos os resultados. Uma vez evidenciado os acertos nas respostas e justificativas, passamos para a experimentação 2.

**Professor:** Vamos iniciar agora a segunda parte do nosso experimento. Iremos trabalhar com o conceito de momento de uma força ou torque.

Nesse momento, retomamos o conceito de torque a partir do que foi discutido até o momento.

**Professor:** Ao falarmos de torque, falamos dessa tendência de girar um corpo. Então, agora vamos desenvolver alguns cálculos.

Antes de iniciarmos a próxima etapa da sequência didática, o professor orientador levantou um questionamento sobre simetria.

**Orientador:** Permita-me fazer uma pergunta antes. Ocorreu-me a possibilidade de outra questão ali. Por exemplo, vocês trabalham nessa perspectiva da simetria. Mas, seria possível obter o equilíbrio se tirarmos esse ponto de simetria?

**M3:** Sim.

**Orientador:** O que você teria que fazer?

**M3:** Colocar o corpo de maior massa desse lado aqui.

**Professor:** Então vamos lá. Tenta fazer.

**Orientador:** Tente equilibrar de alguma forma.

Nesse momento, os alunos monitores tentam equilibrar a barra que está apoiada em uma posição que não apresenta simetria das extremidades em relação ao ponto de apoio. De certa forma, tiveram dúvidas dos posicionamentos dos corpos de prova para obter o equilíbrio. Chegaram a pegar vários corpos de prova de massas diferentes para tentar equilibrar.

**Orientador:** Por que você achou que mudando a localização do corpo de prova irá funcionar?

**M2:** É por causa da distância até o ponto de apoio.

**Professor:** Tentem equilibrar colocando um corpo de prova de cada lado.

Após discutirem as possibilidades e apresentar as dificuldades de atingir o equilíbrio, fizemos novas intervenções.

**Orientador:** Como vocês poderiam levantar esse lado? Aproximando ou afastando?

**M3:** Eu afastando e ela aproximando.

Nesse momento, os alunos monitores obtiveram o equilíbrio da régua.

**Professor:** Façam uma análise desse equilíbrio atingido. O que aconteceu?

**M2:** Quanto mais perto da borda, mais o peso irá influenciar. É como se fosse uma gangorra.

**Professor:** Mas é o peso do corpo que muda?

**M2:** Não.

**Professor:** Então, o que está mudando?

**M2:** Está mudando a localização.

**Professor:** Então, quando você chega o corpo de prova para lá, você está mudando a localização dele em relação a quê?

**M3:** A posição em relação ao apoio.

Percebe-se, nesse momento, que os alunos monitores não confundem mais o conceito de peso com o conceito de torque. Ao afirmarem que os pesos dos corpos não mudam, eles buscaram determinar situações de equilíbrio a partir da mudança da posição de cada corpo em relação ao ponto de apoio.

**Orientador:** Então, temos duas variáveis que são importantes. Quais são essas variáveis?

**M3:** A posição em relação ao ponto de apoio.

**Professor:** E a segunda variável qual é?

**M3:** O peso.

**Professor:** O que estamos definindo então? Estamos chegando na definição de quê?

**M3:** De equilíbrio.

**Professor:** Então estamos trabalhando com quais conceitos?

**M3:** Peso e distância.

**Professor:** E isso está influenciando em quê?

**M3:** No equilíbrio.

**Professor:** Então, vamos voltar lá na situação-problema do início.

Nesse momento, é retomada a situação-problema inicial. Feita a leitura dessa situação, novas questões são apresentadas.

**Professor:** Então, agora não temos mais a situação da simetria visual da régua em relação ao ponto de apoio. Trata-se de uma nova situação.

**Orientador:** Nessa nova situação há simetria?

**M2:** Simetria em relação ao ponto de apoio não.

**Professor:** Há alguma simetria nessa nova situação?

**Monitores:** Não. Não há simetria.

Ficou claro que os alunos monitores pensaram na questão da simetria visual, ou seja, simetria da posição dos corpos em relação ao ponto de apoio. Portanto, os alunos não conseguiram perceber a existência da simetria relacionada ao torque.

**Orientador:** Posso insistir na questão da simetria? Vocês falaram da questão da simetria. Antes existia a simetria, não é isso? E o que representava essa simetria para vocês? Aqui vocês falaram que o ponto de apoio na posição de 50 cm havia a simetria. Então vocês relacionaram a simetria a quê?

**M2:** Aos dois lados iguais.

**Orientador:** E agora? Existe a simetria ou não?

Nesse momento, a régua foi equilibrada com o ponto de apoio localizado em outra posição diferente de 50 cm. Os corpos foram mudados de posição até atingir o equilíbrio.

**M1:** Não existe simetria.

**Orientador:** Por que não?

**M1:** Os pesos dos dois corpos estão posicionados às distâncias diferentes em relação ao apoio.

**Orientador:** Então, a ideia de simetria para vocês está relacionada à questão visual. E se mudarmos essa ideia de simetria? Vamos pensar da seguinte forma: a simetria está relacionada a uma situação de equilíbrio. Isso ocorreu no caso inicial em que tínhamos uma situação de equilíbrio. E se tentarmos estender a ideia de simetria pensando na situação de equilíbrio. Então vamos supor que nessa segunda situação eu tenho uma condição de simetria. A ideia de simetria não é mais visual. A ideia de simetria está associada a um conceito. Que conceito é esse? O conceito de equilíbrio. Visualmente, a primeira situação de simetria foi quando essas distâncias em relação ao ponto de apoio estavam iguais e tínhamos uma situação de equilíbrio. Agora eu

vou estender essa ideia de simetria para uma nova situação de equilíbrio. Se está em equilíbrio, eu posso dizer que há uma simetria. Então temos uma nova situação de simetria diferente da anterior. Certo? As distâncias agora são diferentes. Vamos pensar o conceito de simetria ligado à situação de equilíbrio. Portanto, a simetria implica em equilíbrio. O que na primeira situação pode ser igual à outra situação para manter o equilíbrio?

**M1:** Seria o peso dos dois corpos.

**Professor:** O peso é um dos fatores. Mas é somente o peso?

**M2:** A distância também.

**Professor:** Quando pensamos na distância e no peso, podemos relacionar isso com o quê?

**M2:** Seria o torque?

**Professor:** Exatamente.

**Orientador:** Vocês sabem como se mede o torque?

**Professor:** A forma de calcular o torque ainda não foi apresentada. A ideia é chegar nessa definição. Então agora estamos chegando nessa definição.

Nesse momento, foi apresentada a definição de torque. Os alunos relacionaram a situação de equilíbrio com o torque e chegaram à conclusão que para a régua se equilibrar é necessário que o torque seja igual dos dois lados em relação ao ponto de apoio.

Posteriormente, os monitores realizaram o cálculo do torque e da massa do corpo de prova de massa desconhecida. O resultado obtido foi de 103g. O valor foi bem próximo da massa real do corpo de prova que é de 100g.

Após a realização dos cálculos retomamos aos conceitos de torque e simetria. Os alunos monitores perceberam que uma situação de simetria nem sempre é apenas visual, ou seja, situação em que o ponto de apoio se encontra no meio da barra. Perceberam que a simetria está relacionada ao equilíbrio estático dos corpos. Além disso, compreenderam que o torque ou momento de uma força está relacionado com dois fatores: a força (peso dos corpos) e a distância do centro de gravidade do corpo até o ponto de apoio (braço de alavanca). Finalizada a discussão da primeira parte dessa etapa da sequência didática, fomos realizar a segunda etapa no salão do Centro de Ciências.

Os conceitos cotidianos trazidos pelos alunos monitores foram construídos a partir de suas observações, manipulações de objetos, vivências no cotidiano. Já os conceitos científicos



se relacionaram àqueles que apareceram em determinados eventos e que foram sistematizados e adquiridos durante as interações com outros mais capazes. Sendo assim, através dos registros realizados evidencia-se que os alunos monitores tiveram a oportunidade de confrontar conceitos cotidianos com conceitos científicos, desenvolver raciocínios através de experimentações, comparações entre situações distintas, reformulação de hipóteses, análises de resultados. Trata-se, portanto, de atividades mentais que, segundo Vygotsky (apud REGO, 2014) são fundamentais para promover a alfabetização científica.

Outra etapa da sequência didática, nomeada de experimentação 2, foi realizada na alavanca do Centro de Ciências da UFJF. Foram propostas duas situações. Na primeira situação, a alavanca foi utilizada sem que o braço estivesse estendido. Dessa forma, os alunos monitores deveriam determinar qual a intensidade da força mínima a ser realizada para suspender um deles utilizando a alavanca.

Já numa segunda situação, deveriam realizar os cálculos com o braço da alavanca estendido. Após a realização dos cálculos e registros, foram levantadas as seguintes questões: Que diferenças ocorreram de uma situação para outra? Existe alguma vantagem de uma etapa sobre a outra? Qual seria? Por que ela ocorre? A partir da análise realizada, como vocês definem uma alavanca? Apresentem exemplos de outras situações em que alavancas poderiam ser utilizadas.

Os alunos monitores relataram que quanto maior o braço da alavanca, menor será a força necessária para suspender o corpo. Dessa forma, definiram a alavanca como sendo um aparato de “auxílio” da utilização da força. Citaram como exemplos de alavancas: tesoura, martelo, abridor de lata, pé de cabra e chave de roda.

Os alunos monitores relacionaram os conceitos discutidos na experimentação 1 com a experimentação 2. Além do desenvolvimento dos cálculos nas diferentes situações, apresentaram argumentos teóricos bem estruturados e embasados nas teorias envolvidas nas atividades propostas. Tal constatação ficou ainda mais evidente no momento 7 da sequência didática. Nesse momento, realizado no Laboratório de Física do Centro de Ciências, retomamos a problematização inicial. A primeira questão levantada foi: à medida que aumentamos a distância entre o ponto de aplicação da força em relação ao ponto de apoio, precisamos aplicar uma força maior ou menor para levantar um determinado objeto? Por quê?

A resposta apresentada pelos alunos monitores foi:

Figura 16: Resposta dos alunos monitores referente à primeira questão.

Menor, porque ao aumentar a distância, aumenta o torque.

Fonte: Arquivo próprio

Diante da resposta apresentada, verifica-se que os alunos mostraram compreensão na relação existente entre o braço da alavanca e o torque.

A segunda questão apresentada aos alunos foi: quais são as forças envolvidas no processo de levantamento do corpo do experimento? Essas forças dificultam ou facilitam o torque? Por quê?

A resposta apresentada pelos alunos monitores foi:

Figura 17: Resposta dos alunos monitores referente à segunda questão

A força peso, ela dificulta o levantamento. E a força exercida na alavanca, para levantar o corpo.

Fonte: Arquivo próprio

A partir da resposta dada, verificou-se que os alunos perceberam que a força peso iria dificultar o levantamento do corpo na situação avaliada.

Em sequência, foi apresentada a seguinte questão: quanto maior for o peso da pessoa, maior ou menor deverá ser a força aplicada na alavanca para levá-la?

Figura 18: Resposta dos alunos monitores referente à terceira questão

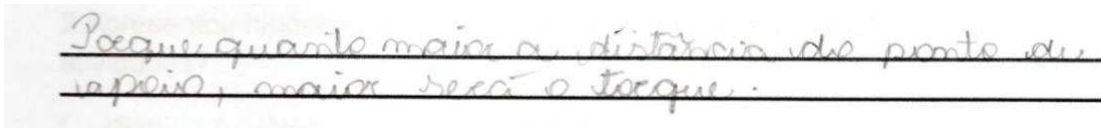
Maior será a força exercida na base da alavanca.

Fonte: Arquivo próprio

A resposta da terceira questão mostra que os alunos compreenderam que o peso da pessoa a ser levantada utilizando a alavanca é uma força resistente, ou seja, quanto maior for o peso da pessoa, maior terá que ser a força aplicada na alavanca para levá-la.

Por fim, foi apresentada a quarta questão: apresente uma análise final para a situação problema: Como Maria consegue controlar a brincadeira da gangorra? Como resposta, os alunos disseram:

Figura 19: Resposta dos alunos monitores referente à quarta questão



Porque quanto maior a distância do ponto de apoio, maior será o torque.

Fonte: Arquivo próprio

Como Maria se apresenta mais distante do ponto de apoio, os alunos responderam que ela exercerá maior torque.

Apesar dos alunos monitores não terem mencionado a influência dos pesos das crianças e o próprio peso da alavanca no torque resultante, não apresentaram nessa questão erros científicos conceituais.

De certa forma, as experimentações desenvolvidas com os alunos monitores possibilitaram uma análise aprofundada das situações de aprendizagem estabelecidas durante o desenvolvimento da sequência didática. Alguns conceitos espontâneos apresentados pelos alunos monitores serviram para trazer reflexões e conflitos de ideias que possibilitaram a ressignificação desses conceitos.

Visitas planejadas e orientadas em um Centro de Ciências, como a desenvolvida com os alunos monitores, abrem possibilidades de desenvolvimento de aprendizagens de conceitos científicos, ou seja, aquelas que promovem e favorecem a alfabetização científica.

Durante os meses de setembro e outubro foram realizadas diversas reuniões com os alunos monitores para um replanejamento das atividades a serem desenvolvidas com a turma durante a aplicação da sequência didática.

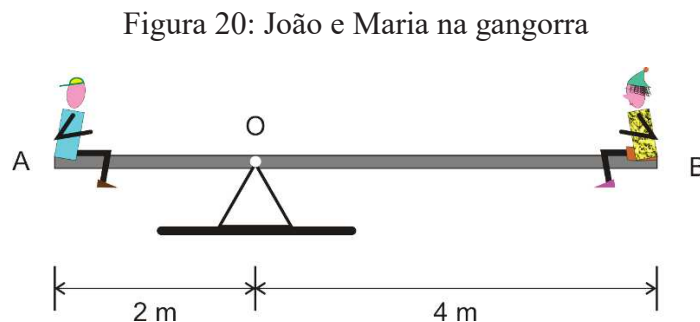
A seguir é apresentada a aplicação da sequência didática com a turma.

#### **6.4.4 A sequência didática com a turma**

##### **6.4.4.1 Levantamento dos conhecimentos prévios (momentos 1 e 2)**

A aplicação da sequência didática com a turma 2MB teve início no dia 25 de outubro de 2019. Nesse dia, foram realizados os Momentos 1 e 2 da sequência didática na Escola estadual Presidente Costa e Silva. Estiveram presentes 32 alunos. O objetivo dessa etapa foi fazer uma avaliação diagnóstica sobre os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos conceitos envolvidos no princípio de funcionamento de uma alavanca. A seguir são apresentadas as questões trabalhadas e análises das respostas dos alunos nessa etapa da sequência didática.

Inicialmente foi apresentada aos alunos a seguinte situação problema: na década de 1980, eram bastante comuns as brincadeiras de crianças nos quintais e nas ruas próximas das casas onde moravam. O pai de João e Maria, Sr. Otávio, adorava construir os brinquedos para seus filhos. Já havia feito carrinhos de rolimã, piões, tabuleiro de jogo de botão, entre outros. Certo dia, ele resolveu construir uma gangorra. Deixou tudo preparado e faltava apenas fixar a gangorra com uma dobradiça móvel no ponto de apoio O. Enquanto o Sr. Otávio tirava um descanso, João (posição A) e Maria (posição B) apoiaram a tábua de madeira sobre a base de apoio e começaram a brincar.



Fonte: Arquivo próprio

De acordo com a figura anterior, percebemos que João e Maria apoiaram a tábua de madeira de maneira não simétrica em relação ao ponto de apoio. Pensando nisso, como será o desenrolar da brincadeira?

Posteriormente, foi pedido para cada aluno responder individualmente às seguintes questões:

1. Alguém controla a brincadeira? Por quê?
2. Existe alguma possibilidade de deixar João ou Maria sem levar vantagem? Qual seria?

3. Você saberia dizer o que é uma alavanca e para que ela serve? Como podemos relacionar a gangorra com uma alavanca?

4. Você sabe dizer o que é momento de uma força ou torque?

5. Como as forças envolvidas influenciam na brincadeira da gangorra? Que forças são essas?

6. João e Maria apresentam distâncias diferentes até o ponto de apoio. Como você modificaria a posição de um deles em relação ao ponto de apoio para que a brincadeira se torne mais viável? Justifique a sua resposta.

Em relação à questão 1, tivemos os seguintes resultados: 13 alunos (40,6%) responderam que João leva vantagem; 12 alunos (37,5%) responderam que Maria leva vantagem; 2 alunos (6,3%) responderam que nenhum dos dois levam vantagem; 5 alunos (15,6%) não souberam responder.

A respeito das justificativas de quem leva vantagem na brincadeira, foram identificados erros conceituais baseados em conhecimentos espontâneos.

Os alunos que responderam que João leva vantagem apresentaram justificativas do tipo: “João controla a brincadeira porque está mais perto do ponto de apoio e está fazendo mais força”; “João controla a brincadeira por estar do lado menor da barra e por isso possui um peso maior”; “João controla a brincadeira por estar mais próximo do ponto de apoio”; “João controla porque o espaço de contato na brincadeira é menor”; “João controla a brincadeira por causa da sua menor área de contato”; “João porque ele possui menos espaço em relação ao apoio”; “João porque tem a maior massa e está mais próximo do ponto de apoio”; “João porque ele é mais pesado”.

Considerar João mais pesado do que Maria seria, sem dúvida, uma vantagem. Porém, na situação apresentada, não poderia ser o único fator avaliado.

Os alunos que responderam que Maria leva vantagem apresentaram as seguintes justificativas: “Maria controla porque apresenta uma parte maior da barra de apoio”; “Maria leva vantagem porque João está mais perto do apoio. Além disso, a tábua tem seu peso que deve ser considerado”; “Maria porque ela está ocupando a parte maior da gangorra”; “Maria porque ela está distante do ponto de apoio”; “Maria porque o peso de João fica mais leve em relação a ela”; “Maria porque a distância da barra em relação ao apoio é maior do que em relação ao João”; “Maria porque ela está na parte maior da tábua”; “Maria porque quanto maior a distância

em relação ao apoio, maior a facilidade de controle”; “Maria pelo fato de estar mais distante em relação ao apoio”; “Maria porque a distância da barra em relação ao apoio é maior comparado com o lado de João. Assim, fica mais leve”.

Observa-se que alguns alunos relacionam a capacidade de controlar a brincadeira com a distância de cada criança em relação ao ponto de apoio. Porém, não consideraram a influência dos pesos de João e Maria na brincadeira.

Em relação à questão 2, os resultados obtidos foram: 20 alunos (62,5%) responderam que deveria centralizar o ponto de apoio; 6 alunos (18,9%) responderam que as duas crianças deixariam de levar vantagem se tivessem o mesmo peso; 4 alunos (12,4%) não souberam responder; 2 alunos (6,2%) responderam que basta mudar a posição do ponto de apoio mas não identificaram em qual posição.

Ao analisar as respostas referentes à questão 2, percebeu-se que alguns alunos não relacionaram a posição das crianças em relação ao ponto de apoio para favorecer uma situação de equilíbrio. Por outro lado, alguns deixaram claro que o peso de cada criança irá influenciar na possibilidade de controlar a brincadeira.

Em relação à questão 3, os resultados apresentados foram: 20 alunos (62,5%) responderam o que é uma alavanca justificando a sua utilização. Porém não souberam relacionar com a gangorra; 5 alunos (15,6%) responderam com erros conceituais sobre o que é uma alavanca e para que ela pode ser utilizada. Além disso, não souberam relacionar a alavanca com a gangorra; 7 alunos (21,9%) disseram que não sabiam responder.

Considerando ainda a questão 3, percebeu-se que a maior dificuldade encontrada pelos alunos foi para relacionar a gangorra com o princípio de funcionamento de uma alavanca. Tal fato nos traz uma importante reflexão. Ao realizar as visitas convencionais ao Centro de Ciências, os alunos conseguem relacionar os conteúdos abordados em sala de aula com os experimentos disponíveis nesses espaços?

Ao propor uma sequência didática com momentos distintos, uns realizados na própria escola e outros realizados no Centro de Ciências da UFJF, buscou-se propiciar uma aproximação dos conteúdos trabalhados em ambos os locais e ao mesmo tempo propiciar situações de ensino-aprendizagem que possam favorecer a alfabetização científica.

Em relação à questão 4, os resultados obtidos foram: 20 alunos (62,5%) responderam que não sabiam; 9 alunos (28,1%) apresentaram respostas contendo erros conceituais; 3 alunos (9,4%) apresentaram coerência na resposta dada.

Diante das respostas apresentadas na questão 4, foi evidenciado que a maioria não sabia o significado do conceito torque. Tal fato nos remete a três possibilidades: os alunos nunca estudaram tal conceito; os alunos simplesmente não conseguiram lembrar o conceito; os alunos já viram o conceito, mas não o compreenderam. De certo podemos dizer que o objetivo não foi atingido, ou seja, a compreensão científica do conceito de torque.

Em relação à questão 5, os resultados obtidos foram: 18 alunos (56,3%) responderam que não sabiam; 5 alunos (15,6%) responderam que a força peso influencia na brincadeira. Porém, não explicaram como ela influencia na brincadeira; 9 alunos (28,1%) apresentaram respostas com erros conceituais. Desses alunos, 4 confundiram os conceitos de peso e massa, 2 alunos confundiram os conceitos de força e impulso e 3 alunos apresentaram respostas totalmente incoerentes.

Ao analisar as respostas dadas pelos alunos em relação à questão 5, percebeu-se que mesmo aqueles que acertaram a resposta não conseguiram justificá-la. Tal pergunta se remete justamente aos conceitos básicos para se compreender a definição de torque e equilíbrio estático dos corpos sólidos.

Em relação à questão 6, os resultados apresentados foram: 24 alunos (75%) responderam que o ponto de apoio deveria ser colocado no meio da barra para que a brincadeira se torne mais viável; 8 alunos (25%) apresentaram respostas com erros conceituais ou incompletas.

Apesar da maioria dos alunos apresentarem coerência ao responder à questão 6 (situação de simetria visual), não significa que os alunos compreenderam as condições de equilíbrio. Isso se torna perceptível quando analisamos as diversas questões apresentadas anteriormente.

Os dados apresentados nos Momentos 1 e 2 da sequência didática (avaliação diagnóstica) mostraram que os alunos se baseiam em conceitos espontâneos, construídos no seu dia a dia, para tentar explicar a situação-problema apresentada. A partir das vivências ocorridas nas relações mediadas pelos familiares, grupos de amigos, entre outros, acabam por formar um conjunto de representações com seu universo simbólico característico. Assim, formam os seus sistemas de interpretações da realidade, ou seja, suas visões de mundo.

Os alunos possuem, portanto, dois sistemas de formação conceitual: um baseado em categorias difusas relacionadas a contextos particulares (espontâneos) e o outro em conceitos clássicos logicamente definidos (científicos).

Vygotsky (2001) enfatiza a importância da interação dinâmica que deve ocorrer entre os dois sistemas ao destacar que os conceitos não são assimilados em sua forma já acabada,

mas sim por um processo de desenvolvimento relacionado à capacidade geral de formar conceitos existentes nos sujeitos (conceitos espontâneos).

Os conceitos espontâneos apresentados pelos alunos apresentam um importante papel para a construção dos conceitos científicos. É a partir do confronto entre tais conceitos que se torna possível uma maior reflexão e análise das variáveis envolvidas em uma determinada situação-problema.

As atividades da sequência didática (momentos 2,3,4,5,6 e 7) desenvolvidas posteriormente foram planejadas com o objetivo de promover situações que favoreçam a construção de conceitos científicos.

Conforme destaca Pozo (apud Schroeder, p. 307),

Os conceitos científicos, diferentemente dos espontâneos, possuem três importantes características no seu processo construtivo: fazem parte de um sistema, a atividade mental propicia a sua tomada de consciência e envolvem uma relação especial com o objeto, baseada na internalização da essência do conceito. Os conceitos científicos, formulados e transmitidos culturalmente, são formados por teorias a respeito dos objetos e dos sistemas relacionais que estabelecem entre si, ou seja, constituem os sistemas que mediatizam a ação humana sobre as coisas e os fenômenos.

Os conceitos científicos são adquiridos por meio de um processo de desenvolvimento progressivo de tomadas de consciência e por operações do próprio pensamento. Isso fica evidente nas palavras de Vygotsky ao destacar que:

No fundo, o problema dos conceitos não espontâneos e, particularmente, dos conceitos científicos é uma questão de ensino e desenvolvimento, uma vez que os conceitos espontâneos tornam possível o próprio fato do surgimento desses conceitos a partir da aprendizagem, que é a fonte do seu desenvolvimento (VYGOTSKY, 2001, P.296).

Os conhecimentos prévios dos alunos, levantados a partir dos momentos 1 e 2 da sequência didática, permitiram a realização de análises para se pensar em possíveis mudanças da estrutura funcional da consciência dos alunos. Nos momentos seguintes da sequência didática foram desenvolvidas algumas situações que apresentaram como objetivo principal promover um deslocamento do aluno, inicialmente imerso em situações cotidianas e de senso comum, para um modo de pensar reflexivo, conflituoso, que possa promover a alfabetização científica.

As etapas seguintes da sequência didática (momentos: 3,4,5,6 e 7) ocorreram no Centro de Ciências da UFJF, no dia 8 de novembro de 2019. Essas etapas apresentaram diversas



situações sobre equilíbrio estático dos corpos sólidos e também sobre o princípio de funcionamento de uma alavanca.

Por fim, o momento 8 (autoavaliação) e o momento 9 (utilização do simulador PhET) foram realizados na Escola Estadual Presidente Costa e Silva. Esses momentos forneceram importantes registros, uma vez que permitiram aos alunos apresentar suas próprias análises das atividades realizadas e retomadas de questões anteriormente discutidas.

A seguir há uma breve descrição da segunda visita realizada com a turma ao Centro de Ciências para a aplicação de parte da sequência didática.

#### 6.4.4.2 Atividades no Centro de Ciências da UFJF (momentos 3,4,5,6 e 7)

A figura a seguir mostra momentos de aplicação da sequência didática no laboratório de Física e no salão principal do Centro de Ciências da UFJF.

Figura 21: Visita investigativa ao Centro de Ciências da UFJF



Fonte: Arquivo próprio

A segunda visita ao Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, realizada no dia 8 de novembro de 2019, foi com a turma de segundo ano (2MB) da Escola Estadual Presidente Costa e Silva.

Os principais objetivos dessa visita foram: desenvolver atividades investigativas utilizando o laboratório de Física e o salão principal do Centro de Ciências; possibilitar aos alunos o desenvolvimento de atividades sequenciais de maneira que pudessem relacionar teoria e prática; diferenciar situações de equilíbrio estático de corpos de prova; relacionar situações distintas e de diferentes níveis de conhecimento sobre equilíbrio estático dos corpos sólidos; favorecer a aprendizagem de conceitos científicos através das interações entre alunos, monitores e professores; possibilitar a interação entre alunos; promover possibilidade de aproximação dos alunos com a UFJF; divulgar o Centro de Ciências como um espaço de aprendizagens que favoreçam a alfabetização científica; avaliar o processo de ensino-aprendizagem considerando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

As atividades desenvolvidas durante essa visita foram: atividade no laboratório de Física do Centro de Ciências com duração de aproximadamente 2h e 30min; atividade no salão principal do Centro de Ciências com duração de aproximadamente 30 minutos; lanche coletivo com duração de aproximadamente 30 minutos.

Nesta segunda vez que retornamos ao Centro de Ciências com a turma 2MB, a proposta de utilização do espaço educacional deixou de ter como objetivo principal apenas a observação e passou a incluir parte de um planejamento contínuo com ênfase em: desenvolvimento de atividades investigativas; valorização da interação entre os alunos; promoção de desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais; desenvolvimento da autonomia dos alunos; possibilidades de experimentação e reformulação de hipóteses; reconhecimento e valorização do erro como parte importante da aprendizagem; desenvolvimentos de práticas colaborativas.

A primeira parte das atividades foi realizada no laboratório de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora. Estiveram presentes 33 alunos, sendo que 4 deles são monitores. Como foram 8 grupos de alunos formados (5 grupos de 4 alunos e 3 grupos de 3 alunos), cada monitor ficou responsável por orientar 2 grupos. Além das orientações dos alunos monitores, eu como professor de Física e a professora de Química da turma também orientamos os grupos.

As atividades desenvolvidas no laboratório de Física duraram aproximadamente 2 horas e 30 minutos. Nessa etapa foram desenvolvidas: atividade experimental 1, atividade experimental 2 e atividade experimental 3. Cada grupo recebeu um caderno intitulado “Sequência didática – Alavancas” contendo essas atividades. Nesses cadernos, os alunos

puderam desenvolver os cálculos e realizar os registros. Além do desenvolvimento dos cálculos, o caderno apresenta questões teóricas que foram respondidas por todos os grupos.

A segunda parte das atividades (Experimentação 2) foi realizada no salão do Centro de Ciências da UFJF. Nessa etapa foi utilizada a alavanca presente no salão. Previamente, foi escolhida uma pessoa para sentar na cadeira da alavanca. Uma vez medida a massa da pessoa e calculado o peso da mesma, cada grupo desenvolveu os cálculos para determinar qual é a força mínima necessária para levantar a pessoa em duas situações distintas: com o braço da alavanca sem esticar e com o braço da alavanca esticado. Os registros de cada grupo foram feitos no caderno utilizado anteriormente. Essa etapa durou aproximadamente 30 minutos.

Após os cálculos e registros desenvolvidos pelos grupos, foram lançados alguns questionamentos: “Em qual situação foi necessária a aplicação de uma força maior: com o braço da alavanca esticado ou sem esticar? Por quê? Vocês conseguiram fazer uma relação com as atividades que desenvolvemos no laboratório? Que relações são essas?”

A seguir são apresentadas as questões e análises das respostas dos alunos registradas nesta etapa da sequência didática.

A primeira parte das atividades foi realizada no Laboratório de Física do Centro de Ciências da UFJF. Chamada de atividade experimental 1, apresentou as seguintes orientações para os alunos: nessa atividade cada grupo deverá escolher dois corpos de massas identificadas e iguais. Utilizando duas réguas de 1m cada, cada grupo deverá buscar uma situação de equilíbrio horizontal utilizando uma das réguas como apoio. Após atingir o equilíbrio horizontal, cada grupo deverá realizar os cálculos dos momentos de cada força e também do momento resultante. Todos os cálculos e medidas devem ser registrados no caderno de atividades fornecido para cada grupo.

Inicialmente, as atividades apresentadas envolveram questões teóricas, conforme descrito a seguir.

### **Registros da atividade experimental 1 (parte 1):**

#### **Questão 1. Quais são as condições para que um corpo fique em equilíbrio?**

Os grupos 1, 2 e 5 explicaram utilizando um exemplo em que dois corpos possuem a mesma massa e a mesma distância em relação ao ponto de apoio. Apesar de ser uma situação de equilíbrio, os grupos não mostraram outras situações que visualmente não seriam simétricas.

Os grupos 3, 4, 6, 7 e 8 explicaram que os corpos deveriam apresentar pesos iguais e distâncias iguais em relação ao ponto de apoio.

Percebe-se nesse primeiro momento que as respostas se limitaram à situação de simetria das forças e das distâncias.

**Questão 2. Como a posição e a massa dos objetos influenciam na situação de equilíbrio?**

O grupo 1 não respondeu.

Os grupos 2, 5, 6 e 7 explicaram que para haver o equilíbrio, os corpos têm que apresentar a mesma massa e a mesma distância em relação ao ponto de apoio.

Os grupos 3 e 4 disseram que se alterar a distância em relação ao apoio causará o desequilíbrio.

O grupo 8 afirmou que se tiver uma massa diferente ou uma distância diferente entre eles, a situação de equilíbrio será alterada.

A ideia de se levantar tal questionamento é que os alunos percebam quais são as variáveis que irão influenciar no equilíbrio dos corpos. Os alunos do grupo 1 não responderam essa questão e apresentaram dificuldades de compreender como a relação entre força, braço de alavanca e momento ocorrem. Os demais grupos disseram que tanto a posição do objeto em relação ao apoio como as forças aplicadas irão influenciar no equilíbrio.

**Questão 3. Quais foram as dificuldades que vocês tiveram para obter o equilíbrio estático da régua?**

A resposta dada pelo grupo 1 foi “Achar a posição ideal para igualar as forças”. Observa-se que os alunos confundem os conceitos de força e torque. Para eles, se as forças forem iguais, a régua estará em equilíbrio.

Os grupos 2, 5, 6 e 7 disseram não apresentar dificuldades.

O grupo 3 disse que a dificuldade foi de determinar a distância entre o ponto de atuação da força peso e o ponto de apoio.

A resposta dada pelo grupo 3 chama a atenção pelo fato de considerarem o ponto de aplicação da força peso. A determinação do ponto de atuação da força peso deverá ser realizada a partir do centro de gravidade do corpo. Caso contrário, a medida do braço de alavanca apresentará imprecisão. Tal fato será retomado em questões posteriores.

O grupo 4 disse que a dificuldade foi de determinar a posição em relação ao ponto de apoio.

O grupo 8 disse ter dificuldade em determinar o ponto de equilíbrio.

Após responderem às questões iniciais, os grupos apresentaram suas conclusões. A partir das respostas dadas pelos alunos, procurou-se formular o conceito de torque. Para isso, foram destacadas as variáveis envolvidas no processo experimental (braço de alavanca e forças envolvidas). Uma vez construído o conceito de torque, partiu-se para as atividades com desenvolvimento de cálculos.

### **Registros da atividade experimental 1 (parte 2):**

A segunda parte das questões relativas também à chamada atividade experimental 1 envolveu o desenvolvimento de cálculos. Cada grupo, a partir da situação de equilíbrio estabelecida anteriormente (Atividade experimental 1, parte 1), foi orientado a desenvolver os cálculos dos pesos e dos momentos envolvidos no experimento. Todos os questionamentos apresentados para os alunos podem ser conferidos no caderno de atividades do aluno (Apêndice A).

Os grupos 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 calcularam corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, calcularam o torque resultante. Observa-se que para a situação que apresenta simetria visual (forças iguais e distâncias iguais em relação ao ponto de apoio), a maioria dos alunos compreendeu como ocorre o equilíbrio estático da régua.

O grupo 3 calculou corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, calculou o torque realizado por cada corpo de prova. Para calcular o torque, o grupo cometeu o erro de utilizar as massas dos corpos e não os valores dos respectivos pesos. Após revisar os erros cometidos, calculou-se o torque resultante. Chegou-se à conclusão de que para o torque resultante nulo, a barra estará em equilíbrio.

### **Registros da atividade experimental 2 (parte 1)**

A atividade experimental 2 apresentou as seguintes orientações: nessa atividade cada grupo deverá escolher dois corpos de massas identificadas e diferentes. Utilizando duas régua de 1m cada, cada grupo deverá buscar uma situação de equilíbrio horizontal utilizando uma das régua como apoio. Após atingir o equilíbrio horizontal, cada grupo deverá realizar os cálculos

dos momentos de cada força e também do momento resultante. Todos os cálculos e medidas devem ser registrados no caderno de atividades fornecido para cada grupo. A seguir são apresentadas as questões e análise detalhada das respostas dadas pelos alunos.

### **Questão 1. Quais são as condições para que um corpo fique em equilíbrio?**

Os grupos 1, 2, 6, 7 e 8 responderam que o corpo de maior massa deve ficar mais perto do ponto de apoio em relação ao outro objeto. Nesse momento verifica-se que os alunos dos grupos perceberam que não apenas os pesos irão influenciar no equilíbrio da régua.

O grupo 3 respondeu que deve ser considerada a distância entre o ponto de apoio e o objeto. Porém, não detalharam como a distância irá influenciar nos resultados.

O grupo 4 respondeu que as forças têm que ser iguais. Nesse caso, apresentaram uma situação de equilíbrio que serve apenas para corpos que apresentam a mesma medida de braço de alavanca.

O grupo 5 respondeu que as distâncias dos corpos em relação ao ponto de apoio irão influenciar no equilíbrio. Nesse caso, os alunos não relataram como as distâncias irão influenciar no equilíbrio e não mencionaram também a influência da força peso.

### **Questão 2. Como a posição e a massa dos objetos influenciam na situação de equilíbrio?**

Os grupos 1, 2, 3 e 7 descreveram que o objeto de maior massa deve ficar mais perto do ponto de apoio e que o outro objeto irá compensar na distância.

O grupo 4 respondeu que no caso de equilíbrio, as forças têm que ser iguais.

O grupo 5 disse que o corpo de prova de menor massa deverá compensar na distância.

Os grupos 6 e 8 disseram que existe uma “compensação” entre massa e distância, ou seja, quanto menor a massa, maior deverá ser a distância em relação ao ponto de apoio.

Fica claro que nesse momento os alunos começam a perceber que é possível equilibrar corpos que apresentam massas diferentes utilizando-se distâncias diferentes.

### **Questão 3. Quais são as dificuldades que vocês tiveram para obter o equilíbrio estático da régua?**

As dificuldades encontradas pelos grupos 1 e 2 foram para “achar” o ponto certo para o equilíbrio. Utilizaram várias tentativas modificando as posições dos corpos até que a régua ficasse em equilíbrio.

A dificuldade encontrada pelo grupo 3 foi de compreender a influência dos pesos na questão do equilíbrio.

As dificuldades encontradas pelos grupos 4, 5, 6, 7 e 8 foram para determinar a posição do corpo de prova para se obter o equilíbrio.

### **Registros da atividade experimental 2 (Parte 2):**

A partir do equilíbrio estático atingido, cada grupo registrou no caderno de atividades os cálculos dos pesos, das distâncias e dos momentos. A seguir são apresentadas análises dos cálculos desenvolvidos por cada grupo.

Os grupos 1 e 2 calcularam corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, calcularam o momento de cada corpo de prova e o torque resultante. Houve uma diferença entre os momentos dos corpos de prova 1 e 2 ( $M_1 = 0,36\text{N.m}$  e  $M_2 = 0,30\text{N.m}$ ). Os alunos explicaram que para a régua permanecer em equilíbrio, os dois momentos deveriam ser iguais em módulo. Assim, justificaram a diferença dos momentos pela dificuldade de precisão nas medidas das distâncias.

O grupo 3 calculou corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, calcularam o momento de cada corpo de prova e o torque resultante. Houve uma grande diferença entre os momentos dos corpos de prova 1 e 2 ( $M_1 = 0,18\text{N.m}$  e  $M_2 = 2,2\text{N.m}$ ). Os alunos explicaram que para a régua permanecer em equilíbrio, os dois momentos deveriam ser iguais em módulo. Inicialmente, não souberam explicar o motivo pelo qual acharam resultados diferentes para os momentos calculados. Posteriormente, verificou-se que houve erro na transformação de unidade da massa de um dos corpos. O grupo converteu 50g em 0,5Kg.

O grupo 4 também cometeu erro de transformação de unidades. Para um corpo de prova de 75g, colocaram a massa de 0,75kg. Tal erro fez com que os alunos chegassem a valores bem diferentes dos momentos gerados pelos corpos de prova. Os momentos dos corpos de prova 1 e 2 foram de  $M_1 = 3,0\text{N.m}$  e  $M_2 = 0,048\text{N.m}$ .

O grupo 5 calculou corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, calculou o momento de cada corpo de prova e o torque resultante. Houve uma diferença entre os momentos dos corpos de prova 1 e 2 ( $M_1 = 0,195\text{N.m}$  e  $M_2 = 0,280\text{N.m}$ ). Os alunos

explicaram que para a régua permanecer em equilíbrio, os dois momentos deveriam ser iguais em módulo. Porém, não souberam explicar porque os momentos deram valores diferentes.

O grupo 6 calculou corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, foi calculado o momento de cada corpo de prova e o torque resultante. Houve uma diferença entre os momentos dos corpos de prova 1 e 2 ( $M_1 = 0,20\text{N.m}$  e  $M_2 = 0,18\text{N.m}$ ). Os alunos explicaram que para a régua permanecer em equilíbrio, os dois momentos deveriam ser iguais em módulo. Assim, justificaram a diferença dos momentos pela dificuldade de precisão nas medidas das distâncias.

O grupo 7 calculou corretamente o peso dos corpos utilizando as unidades do Sistema Internacional. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, foi calculado o momento de cada corpo de prova e o torque resultante. Houve uma diferença entre os momentos dos corpos de prova 1 e 2 ( $M_1 = 0,19\text{N.m}$  e  $M_2 = 0,96\text{N.m}$ ). O grupo apresentou erro de conta no cálculo do segundo momento  $M_2 = 0,5 \times 0,465 = 0,96\text{N.m}$ . O resultado da multiplicação é  $0,232\text{N.m}$ . Como explicação do resultado, afirmaram que tiveram dificuldades para realizar as contas e que para uma situação de equilíbrio estático, o momento resultante deverá ser nulo.

O grupo 8 apresentou erro nos cálculos dos pesos dos corpos. Após o cálculo dos pesos e das medidas das distâncias até o ponto de apoio, calculou-se o momento de cada corpo de prova e o torque resultante. Devido a erros nos cálculos dos pesos, os valores dos momentos determinados foram muito altos ( $M_1 = 660\text{N.m}$  e  $M_2 = 539\text{N.m}$ ). Os alunos não explicaram os resultados encontrados.

Após o desenvolvimento dos cálculos, cada grupo apresentou os resultados obtidos. Ao analisar os resultados, os alunos perceberam que as diferenças entre os momentos do lado esquerdo do ponto de apoio em relação ao do lado direito ocorrem por medidas incorretas, imprecisas ou por equívocos nas transformações de unidades. Além disso, a maioria dos grupos não considerou a medida de atuação da força peso a partir do centro de gravidade.

Nesse momento da sequência didática, foi discutido com os alunos o que é o centro de gravidade e como ele pode ser localizado em um determinado objeto. Além disso, foi ressaltada a importância de se considerar o próprio peso da alavanca no processo de equilíbrio, envolvendo duas situações distintas (uma com o apoio centralizado e outra com o apoio não centralizado).



### **Registros da atividade experimental 3:**

A atividade experimental 3 apresentou as seguintes orientações para os alunos: nessa atividade cada grupo deverá escolher um corpo de prova de massa conhecida e outro corpo de prova de massa desconhecida. Utilizando as duas réguas, cada grupo deverá determinar qual é a massa do corpo de prova de massa desconhecida.

O grupo 1 utilizou o desenvolvimento do cálculo do momento resultante para determinar a massa do corpo de prova. O valor encontrado foi de 116,32g. Ao utilizar a balança de precisão, o grupo verificou que a massa correta do corpo de prova é de 110g.

O grupo 2 utilizou o desenvolvimento do cálculo do momento resultante para determinar a massa do corpo de prova. O valor encontrado foi de 142g. Ao utilizar a balança de precisão, o grupo verificou que a massa correta do corpo de prova é de 110g. Ao analisar os resultados, os alunos perceberam que cometeram erros nas medidas dos braços de alavanca.

O grupo 3 não fez essa atividade.

O grupo 4 realizou a chamada regra de três para determinar a massa do corpo de prova. Para isso, utilizou os valores das distâncias de cada corpo de prova em relação ao ponto de apoio e a massa do corpo de prova conhecido. Como resultado obteve-se 86g. Ao utilizar uma balança de precisão, verificou-se que a massa real era de 80g.

O grupo 5 utilizou o desenvolvimento do cálculo do momento resultante para determinar a massa do corpo de prova. O valor encontrado foi de 114g. Ao utilizar a balança de precisão, o grupo verificou que a massa correta do corpo de prova é de 80g. O grupo não soube explicar porque os resultados deram diferentes.

O grupo 6 utilizou o desenvolvimento do cálculo do momento resultante para determinar a massa do corpo de prova. O valor encontrado foi de 101,56g. Ao utilizar a balança de precisão, o grupo verificou que a massa correta do corpo de prova é de 100g.

O grupo 7 utilizou o desenvolvimento do cálculo do momento resultante para determinar a massa do corpo de prova. O valor encontrado foi de 146g. Ao utilizar a balança de precisão, o grupo verificou que a massa correta do corpo de prova é de 150g.

O grupo 8 utilizou a chamada regra de três para determinar a massa do corpo de prova. O valor encontrado foi de 62,5g. Ao utilizar a balança de precisão, o grupo verificou que a massa correta do corpo de prova é de 60g.

Após o desenvolvimento dos cálculos, os grupos apresentaram os resultados (4º momento da sequência didática). Diante dos resultados apresentados, verificou-se que a maioria dos grupos obtiveram resultados próximos à massa real do corpo de prova. Os grupos que tiveram discrepância nos resultados foram orientados a retomar o problema e buscar novas soluções.

Dessa forma, os resultados que tiveram maior distanciamento da massa real do corpo de prova serviram para trazer reflexões sobre as medidas dos braços de alavanca, das transformações de unidades e também da localização do ponto de atuação da força peso.

Após a apresentação dos resultados pelos grupos de alunos, foram retomados os principais conceitos trabalhados (5º momento da sequência didática). Dessa forma, os alunos tiveram a oportunidade de relatar as principais dificuldades encontradas e revisar as atividades desenvolvidas.

### **Registos da experimentação 2 (Atividade com alavanca)**

Considerado o 6º momento da sequência didática, a parte das atividades chamada de “Experimentação 2” ocorreu no salão principal do Centro de Ciências. Os alunos foram orientados a utilizar a alavanca do salão principal. Cada grupo deveria calcular qual é a força mínima necessária para levantar uma pessoa em duas situações distintas: uma com o braço da alavanca estendido e a outra situação sem estendê-lo.

Na primeira etapa, a atividade foi realizada sem estender o braço da alavanca.

Inicialmente foi escolhida uma pessoa de 65kg para sentar na cadeirinha da alavanca. Os alunos de cada grupo mediram, utilizando uma trena, as distâncias em relação ao ponto de apoio e utilizaram o cálculo do momento resultante para determinar a força mínima necessária para levantar a pessoa.

Como resultado, os grupos 1, 4 e 8 obtiveram a força mínima de 330N. Já a força mínima determinada pelos grupos 2, 5 e 6 foi de 330,83N. E a força mínima obtida pelo grupo 3 foi de 33,08N.

O grupo 7 utilizou regra de três para realizar os cálculos. Porém, apresentou diversos erros de operações matemáticas e não obteve resultado conclusivo.

Na segunda etapa, a atividade foi realizada com o braço da alavanca estendido. Os alunos de cada grupo mediram novamente as distâncias em relação ao ponto de apoio e utilizaram o cálculo do momento resultante para determinar a força para levantar a pessoa.

A força determinada pelos grupos 1, 2, 4, 5, 6 e 8 foi de 212,5N.

O grupo 7 não realizou os cálculos. Os alunos desse grupo alegaram estarem cansados e apenas observaram os outros grupos realizarem os cálculos.

Após a realização dos cálculos, os alunos tiveram a oportunidade de comparar os resultados obtidos nas duas situações. A primeira com o braço da alavanca encolhido e a segunda com o braço da alavanca esticado.

Ao comparar os resultados, os alunos concluíram que obtiveram as respostas que esperavam, ou seja, fazer menos força para levantar o corpo de uma pessoa com o braço da alavanca esticado. Somente o grupo 3 obteve resultados diferentes dos demais grupos.

Após todos os grupos apresentarem os cálculos, foi levantado o seguinte questionamento: com o braço da alavanca não estendido, vocês do grupo 3 obtiveram uma força de 33,83N e com o braço da alavanca esticada a força foi de 212,5N. Vocês acham que a resposta está coerente?

Os alunos analisaram os resultados e verificaram que havia incoerência nos resultados obtidos. Refizeram os cálculos e justificaram que ao utilizarem a alavanca com o braço de apoio maior, a força realizada realmente era menor.

Como análise final das atividades, cada grupo apresentou as suas considerações finais.

Os grupos 1, 2, 4, 5, 6 e 8 concluíram que quanto maior for o braço da alavanca, menor será a força necessária para levantar um objeto.

O grupo 3, após fazer uma revisão dos cálculos, concluiu que quanto maior for o braço da alavanca, menor será a força necessária para levantar um objeto.

O grupo 7 disse que prestou atenção nos cálculos dos outros grupos e conseguiu compreender o fato de que utilizar o braço da alavanca maior exige menor força para levantar um corpo.

Após a apresentação dos resultados pelos grupos, retornamos para o laboratório de física do Centro de Ciências. Nesse momento (7º momento da sequência didática), foi realizada uma análise final das atividades e retomada de alguns conceitos. Foram abordadas as questões: como podemos definir uma alavanca e quais são suas funções? Quais as variáveis são consideradas na utilização das alavancas? Como elas se relacionam? Quais outros exemplos de alavancas vocês conhecem e utilizam no cotidiano? Algum grupo considerou o peso da própria alavanca? De que forma o torque gerado pelo peso da alavanca influencia na força que devemos aplicar?

O questionamento referente ao torque gerado pelo próprio peso da alavanca gerou discussões. Os alunos, em sua maioria, disseram que não consideraram o valor desse torque para o cálculo da força mínima. Porém, uma aluna de um dos grupos relatou que não havia a necessidade de considerar o torque gerado pelo peso da alavanca, pois a atuação da força peso seria justamente sobre o ponto de apoio.

Diante das reflexões apresentadas, retomamos os conceitos de centro de massa e centro de gravidade. Nesse momento, foi fundamental mostrar para os alunos a importância de se determinar o centro de gravidade da alavanca. Além disso, deixamos claro que utilizamos uma simplificação ao considerar a gravidade constante e, conseqüentemente, que o centro de gravidade coincide com o centro de massa.

Dessa forma, conceitos como força, centro de gravidade, centro de massa, braço de alavanca, torque, simetria, condições de equilíbrio estático, entre outros foram retomados.

Percebe-se que nos processos de atividades investigativas, as discussões e mediações são fundamentais. Durante toda a aplicação da sequência didática realizada em parte no Centro de Ciências da UFJF, além da atuação do professor, os alunos monitores desempenharam um papel fundamental proporcionando maior interação entre os alunos e também entre os alunos e os experimentos. Os oito grupos de alunos receberam apoio dos monitores para executar as atividades experimentais e esclarecer dúvidas. É importante ressaltar que os alunos monitores foram capacitados para apontar caminhos a serem trilhados em busca dos resultados e não para dar soluções prontas. Dessa forma, as atividades desenvolvidas apresentaram características investigativas com situações-problema, elaboração de hipóteses, análises de resultados, discussões dos assuntos abordados, conflitos de conceitos espontâneos e científicos, reestruturação dos cálculos.

Na perspectiva de Vygotsky, a apropriação de conceitos científicos pelo indivíduo ocorre pela participação ativa durante a interação social. Sendo assim, durante as discussões realizadas que permearam as atividades investigativas desenvolvidas, os alunos foram estimulados a pensar sobre algumas situações de equilíbrio estático de corpos de prova e posteriormente apresentar soluções.

Como parte importante das análises dos conteúdos (conceituais, atitudinais e procedimentais) envolvidos na sequência didática, é fundamental a percepção do próprio aluno. Dessa forma, faz-se necessária a aplicação de uma autoavaliação dos alunos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

#### 6.4.4.3 A autoavaliação (momento 8)

A autoavaliação foi realizada no dia 13 de novembro de 2019 na Escola Estadual Presidente Costa e Silva. Estavam presentes nesse dia 24 alunos.

Considerado como momento 8 da sequência didática, a autoavaliação procurou prestigiar os diversos conteúdos: conceituais, procedimentais e atitudinais. A seguir são apresentadas as questões e os resultados obtidos.

Primeiramente, considerando os conteúdos conceituais.

1.Você compreendeu os conteúdos abordados?

Sim: 18 (75%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 6 (25%).

2.Você conseguiu relacionar os conteúdos conceituais com a prática?

Sim: 17 (70,8%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 7 (29,2%).

3.Você conseguiu reformular conceitos prévios?

Sim: 8 (33,3%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 16 (66,7%).

4.Você considera a proposta significativa?

Sim: 23 (95,8%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 1 (4,2%).

Em relação aos conteúdos procedimentais, tivemos os seguintes resultados:

1.Você observou com atenção a realização das experiências?

Sim: 23 (95,8%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 1 (4,2%).

2.Você apresentou hipóteses ou questionamentos durante a realização das atividades?

Sim: 20 (83,4%); Não: 2 (8,3%); Parcialmente: 2 (8,3%).

3.Você participou da montagem e/ou execução da experiência?

Sim: 21 (87,5%), Não: 1 (4,2%); Parcialmente: 2 (8,3%).

4.Você apresentou estratégias de investigação?

Sim: 17 (70,8%); Não: 2 (8,3%); Parcialmente: 5 (20,9%).

5.Você fez análises de dados?

Sim: 18 (75%); Não: 2 (8,3%); Parcialmente: 4 (16,7%).

Em relação aos conteúdos atitudinais, tivemos os seguintes resultados:

1.Você prestou atenção nas atividades desenvolvidas?

Sim: 23 (95,8%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 1 (4,2%).

2.Você demonstrou respeito pelo professor e pelos colegas de turma?

Sim: 24 (100%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 0 (0%).

3.Você favoreceu o trabalho coletivo da turma durante as atividades?

Sim: 22 (91,7%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 2 (8,3%).

4.Você apresentou interesse pelas atividades investigativas desenvolvidas?

Sim: 22 (91,7%); Não: 0 (0%); Parcialmente: 2 (8,3%).

A autoavaliação aplicada buscou apresentar reflexões dos alunos através de uma tomada de consciência individual sobre suas aprendizagens e condutas. Esse processo reflexivo apresentou como objetivos: levar o aluno a pensar sobre suas atitudes; possibilitar ao aluno analisar suas contribuições durante as atividades desenvolvidas da sequência didática e analisar a própria aprendizagem; possibilitar ao aluno avaliar a própria participação e interação com os colegas durante as atividades.

O resultado diagnóstico da autoavaliação apresentado considerou os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Em termos de conteúdos conceituais, observa-se que a maioria dos alunos diz ter: aprendido os conteúdos abordados (75%); conseguido relacionar os conteúdos com a prática (70,8%); considerado a proposta de ensino significativa (95,8%).

Em relação aos conteúdos procedimentais, grande parte dos alunos disseram que ficaram atentos durante a realização das atividades (95,8%), apresentaram hipóteses ou questionamentos (83,4%), montaram e/ou executaram os experimentos (70,8%), apresentaram estratégias de investigação (70,8%) e fizeram análises de dados (75%).

Em relação aos conteúdos atitudinais, os alunos disseram, em sua maioria, que mostraram favorecimento ao trabalho coletivo (91,7%) e interesse pelas atividades (91,7%).

Diante dos resultados apresentados na autoavaliação, evidenciou-se que a maioria dos alunos mostraram interesse e comprometimento pelas atividades realizadas no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora. Tais evidencias puderam ser percebidas durante o desenvolvimento das atividades experimentais investigativas através de alguns indicadores: discussões realizadas durante as atividades; realização de ações através de trabalho

coletivo; apresentação de resultados; elaboração e apresentação de justificativas para embasar os resultados alcançados.

É importante ressaltar que a atuação dos alunos monitores colaborou bastante para esses resultados, uma vez que eles intermediaram as discussões durante as atividades de forma a motivar as participações dos alunos.

Considerando os 24 alunos presentes na autoavaliação, apenas 4 alunos (16,6%) disseram que já conheciam o Centro de Ciências antes das atividades realizadas nesta pesquisa. Tal fato mostra que muitas vezes os alunos se encontram distantes da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Como etapa final do processo de avaliação, foi utilizado o simulador PhET Colorado.

#### 6.4.4.4 A utilização do simulador PhET como ferramenta de avaliação (momento 9)

Os simuladores educacionais permitem alterar com facilidade alguns parâmetros físicos envolvidos em determinadas situações cotidianas. Dessa forma, permitem uma maior interação dos alunos com os conceitos abordados.

A utilização dos simuladores virtuais do PhET como recursos didáticos no ensino de física pode contribuir significativamente para a aprendizagem dos alunos. Ao utilizar esse simulador, permite-se: aumentar a interatividade entre alunos; confrontar os conhecimentos prévios dos alunos com os conceitos científicos; refletir e discutir sobre as possíveis variáveis envolvidas em uma determinada situação-problema; elaborar hipóteses; analisar hipóteses; verificar resultados; estabelecer relações entre teoria e prática; avaliar o processo e os resultados alcançados.

Como última etapa da sequência didática apresentada (momento 9), a utilização do simulador PhET teve como principal objetivo promover uma avaliação final. Tal avaliação, realizada no dia 20 de novembro de 2019, na Escola Estadual Presidente Costa e Silva, teve enfoque nos conteúdos conceituais desenvolvidos durante as atividades realizadas.

Os simuladores virtuais se dividem em dois grupos de modelos: estáticos ou dinâmicos. Nas simulações estáticas, o aluno tem praticamente nenhum controle sobre os parâmetros da simulação. Já nas simulações dinâmicas, os parâmetros podem ser modificados e, conseqüentemente, o aluno consegue verificar de que forma cada variável influencia nos resultados obtidos. De certa forma, pode-se dizer que o simulador “Balancing Act – PhET” se identifica com o modelo dinâmico, porém com algumas limitações.

Na sequência didática utilizamos o simulador “Balancing Act (HTML5)”. A descrição apresentada no simulador diz: “Brinque com objetos em uma gangorra para aprender sobre equilíbrio. Teste o que você aprendeu ao tentar o jogo Desafio do Equilíbrio”.

Os assuntos abordados pelo referido simulador foram: equilíbrio estático dos corpos sólidos; raciocínio proporcional; torque; braço de alavanca; equilíbrio rotacional.

Como objetivos de aprendizagem, o simulador apresenta: prever como objetos de massas diferentes podem ser usados para equilibrar uma balança; prever como mudar as posições das massas sobre a prancha afetará seu movimento; escrever regras para prever onde a prancha irá inclinar quando objetos forem colocados sobre ela; usar suas regras para resolver quebra-cabeças sobre equilíbrio.

Apesar das possibilidades de se modificar determinados parâmetros, o simulador “Balancing ACT” apresenta limitações. O apoio estabelecido na gangorra não pode ser mudado de posição. Conseqüentemente, não se torna possível simular uma situação para avaliar como o peso da tábua da gangorra irá influenciar no equilíbrio dela quando o apoio não se apresenta centralizado. Para suprir tal limitação, foi proposto para os alunos (Questão 4) analisarem o que aconteceria com a tábua, caso o apoio fosse deslocado para um dos lados.

As atividades utilizando o simulador PhET foram desenvolvidas mantendo os mesmos nove grupos das atividades anteriores da sequência didática, sendo um grupo formado pelos quatro alunos monitores. A diferença é que nesse caso os alunos monitores não atuaram como mediadores.

Como já havíamos desenvolvido diversas atividades em que os alunos monitores orientaram os outros grupos, contribuindo para a ampliação do Nível de Desenvolvimento Real e Nível de Desenvolvimento Potencial dos alunos, privilegiou-se nesse momento a interação entre os componentes de cada grupo.

É importante ressaltar que, segundo Vygotsky (2001), os alunos mais experientes contribuem com o aprendizado dos alunos menos experientes durante a interação social. Dessa forma, os alunos se tornam mais capazes de fazer determinadas tarefas sem que haja a necessidade da ajuda de outros.

As atividades desenvolvidas utilizando o simulador Phet Colorado foram realizadas na sala de aula onde os alunos estudam. Aos poucos foram serem projetadas em uma televisão as atividades do simulador. Em cada situação proposta, os alunos tiveram um tempo para

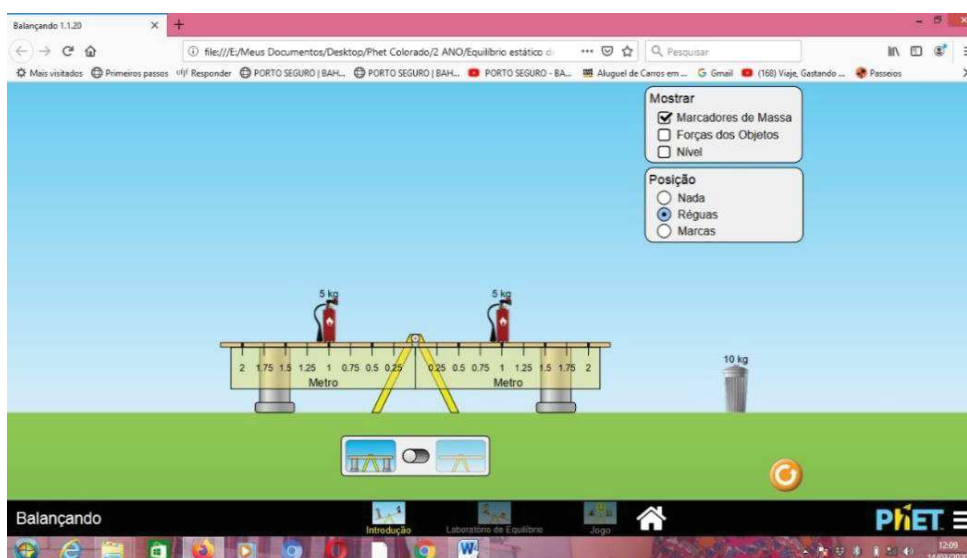


desenvolver os raciocínios e cálculos. Posteriormente, foi escolhido aleatoriamente um grupo para manusear o simulador de forma a verificar o resultado obtido.

A seguir são apresentadas as atividades desenvolvidas com o simulador PhET e análises qualitativas e quantitativas das respostas produzidas pelos alunos no desenvolvimento dessas questões.

**Questão 1:** Abaixo temos dois cilindros de oxigênio apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos cilindros em relação ao ponto de apoio. Próximos às extremidades da tábua existem dois apoios que podem ser retirados. Então, se esses apoios forem retirados, a tábua permanecerá em equilíbrio na horizontal? Justifique a sua resposta.

Figura 22: Ilustração da questão 1



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

Na questão 1, os cilindros estão localizados à mesma distância em relação ao ponto de apoio da tábua. Trata-se, portanto, de uma situação de baixo grau de dificuldade pelo fato de apresentar uma simetria visual em relação aos pesos e às distâncias dos cilindros em relação ao apoio. Consequentemente, o torque gerado pelos cilindros também é simétrico, o que justifica o equilíbrio da tábua. É importante ressaltar que o enfoque dado aos exercícios foi em relação ao cálculo dos momentos gerados pelas forças. Sabemos que o momento resultante nulo é apenas uma das condições para que o objeto permaneça em equilíbrio.

A seguir temos transcrições das respostas de alguns grupos e análises dessas respostas.

Figura 23: Resposta do grupo 8 referente à questão 1

Permanecer em equilíbrio pois o peso dos dois corpos é igual e a distância em relação ao ponto de apoio é a mesma.

Fonte: Arquivo próprio

Figura 24: Resposta do grupo 9 referente à questão 1

Sim, a tábua permanecerá em equilíbrio pois os objetos possuem o mesmo peso (50N) e a mesma distância (1M) em relação ao ponto de apoio.

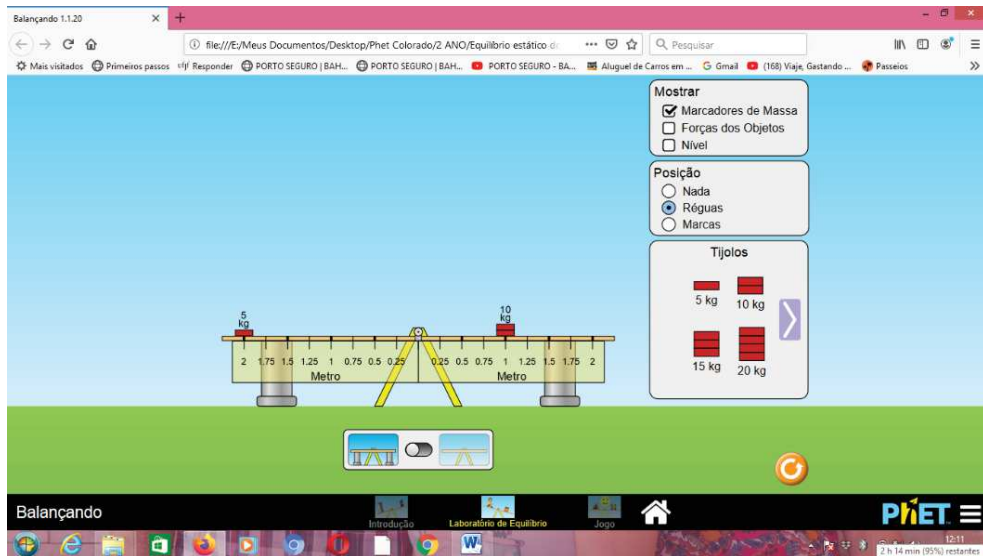
Fonte: Arquivo próprio

Nessa primeira questão, os alunos não apresentaram dificuldade para concluir que a barra estava em equilíbrio. Conforme se verificou nas respostas dos grupos 8 e 9 destacadas anteriormente, os alunos justificaram a resposta destacando que os cilindros possuíam a mesma distância em relação ao apoio e também o mesmo peso.

Na questão 2 apresentada a seguir, os objetos (tijolos) se localizavam à distância diferente em relação ao ponto de apoio da tábua. Apesar de um aumento do grau de dificuldade dessa questão em relação à questão anterior, de uma forma geral, os alunos mostraram compreensão em relação à situação de equilíbrio estabelecido.

**Questão 2:** A figura dada a seguir mostra que temos alguns tijolos apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos tijolos em relação ao ponto de apoio. Próximos às extremidades da tábua existem dois apoios que podem ser retirados. Então, se esses apoios forem retirados, a tábua permanecerá em equilíbrio na horizontal? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos.

Figura 25: Ilustração da questão 2



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

As transcrições das respostas dos grupos 3 e 4 apresentadas a seguir mostram que na questão 2 existe uma compensação entre as massas e as distâncias em relação ao ponto de apoio.

Figura 26: Resposta do grupo 3 referente à questão 2

Sim, porque é como se um compensasse o outro, a massa maior está mais próxima do ponto fixo e a menor massa mais distante do ponto fixo isso gera o equilíbrio

Fonte: Arquivo próprio

Figura 27: Resposta do grupo 4 referente à questão 2

Sim. Porque um compensa o outro, a maior massa está mais próxima do ponto de apoio, e a menor está mais distante.

Fonte: Arquivo próprio

O grupo 9, conforme transcrição apresentada a seguir, destacou o equilíbrio da tábua justificando tal situação através do cálculo dos momentos de cada lado da gangorra em relação ao ponto de apoio.

Figura 28: Resposta do grupo 9 referente à questão 2

Sim, a tábua permanecerá em equilíbrio pois tanto para o sentido horário, quanto para o anti-horário os momentos das forças serão iguais.  $M_1 = 50 \cdot 2 = 100N$   $M_2 = 100 \cdot 1 = 100N$

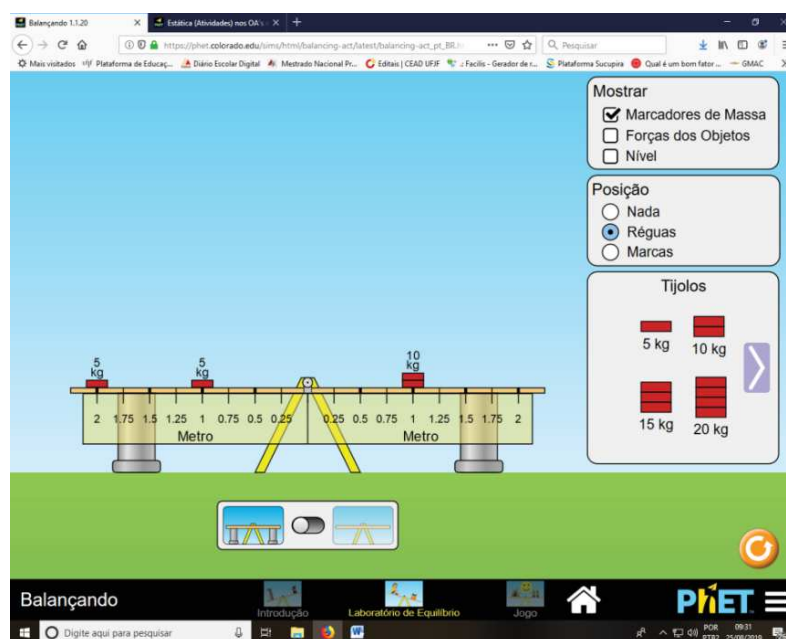
Fonte: Arquivo próprio

Os resultados apresentados na segunda questão foram: 7 grupos (77,70%) disseram corretamente que a tábua iria permanecer em equilíbrio e justificaram a resposta teoricamente sem apresentar os cálculos; 2 grupos (22,30%) disseram corretamente que a tábua iria permanecer em equilíbrio e comprovaram tal resultado apresentando os cálculos.

A questão 3 apresentada a seguir envolve três objetos colocados em posições diferentes, o que aumenta o grau de dificuldade do exercício.

**Questão 3:** A figura dada a seguir mostra que temos alguns tijolos apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos tijolos em relação ao ponto de apoio. Próximos às extremidades da tábua existem dois apoios que podem ser retirados. Então, se esses apoios forem retirados, a tábua permanecerá em equilíbrio na horizontal? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos dos torques.

Figura 29: Ilustração da questão 3



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

Conforme mostrado nas transcrições a seguir, os grupos 3, 5 e 9 apresentaram corretamente os cálculos dos torques exercidos sobre a barra. Além disso, ao desenvolverem o cálculo do torque resultante, consideraram os sinais positivo e negativo para diferenciar o sentido de giro provocado na tábua em relação ao ponto de apoio.

Figura 30: Resposta do grupo 3 referente à questão 3

Não a tábua não ficará em equilíbrio, o torque para o sentido anti-horário será maior.

$$M_1 = 50 \cdot 1 = 50 \text{ N}$$

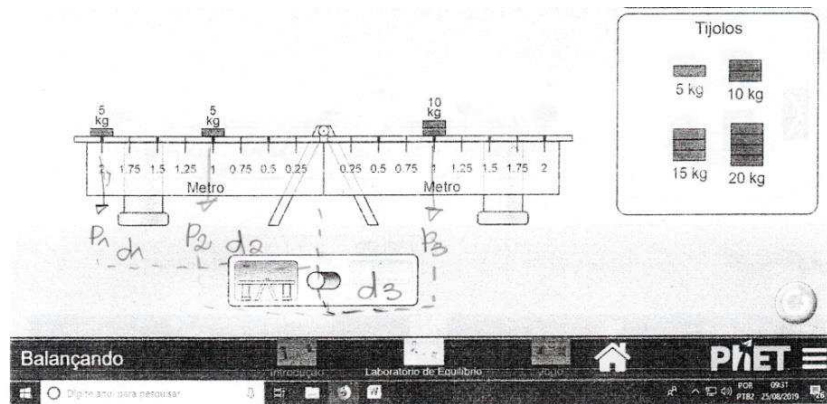
$$M_2 = 50 \cdot 2 = 100 \text{ N}$$

$$M_3 = 100 \cdot 1 = 100$$

$$(M_1 + M_2) - M_3 = 50 \text{ N} \quad R: \text{ não terá equilíbrio}$$

Fonte: Arquivo próprio

Figura 31: Resposta do grupo 5 referente à questão 3



Resposta:

$$M_1 = P_1 \times d_1 = -50 \times 2$$

$$M_2 = P_2 \times d_2 = -50 \times 1$$

$$M_3 = P_3 \times d_3 + 100 \times 1$$

$$-50 \times 2 - 50 \times 1 + 100 \times 1$$

$$-100 - 50 + 100$$

$$-50 + 100$$

$$50 \text{ N} \quad R: \text{ Não estará em equilíbrio}$$

Fonte: Arquivo próprio

Figura 32: Resposta do grupo 9 referente à questão 3

Não, a tábua não permanecerá em equilíbrio, o torque (momento) para o sentido anti-horário será maior que o sentido horário. Vemos isso nos dados a seguir:

$$M_1 = 50 \cdot 1 = 50N$$

$$(M_1 + M_2) - M_3 = 50N$$

$$M_2 = 50 \cdot 2 = 100N$$

$$M_3 = 100 \cdot 1 = 100N$$

Fonte: Arquivo próprio

O grupo 7 disse corretamente que a tábua iria girar no sentido anti-horário. Porém, conforme apresentado na transcrição a seguir, os cálculos mostraram alguns erros conceituais.

A distância total da tábua considerada pelo grupo 7 foi de 16m, ou seja, 8m para cada lado do apoio. Além disso, o grupo utilizou as massas como sendo pesos para calcular os torques.

Figura 33: Resposta do grupo 7 referente à questão 3

$5 \times 8 = 40$        $4 \times 10 = 40$   
 $4 \times 8 = 32$   
 Não, ela não girará em sentido anti-horário.

Fonte: Arquivo próprio

Ao analisar as atividades anteriores do grupo 7, verificou-se que não realizaram algumas etapas e em outras apresentaram erros no desenvolvimento de cálculos. É perceptível que os alunos desse grupo não conseguiram acompanhar as discussões de forma que pudessem compreender os conceitos abordados nas atividades propostas.

Nessa terceira questão, os resultados apresentados foram: 2 grupos (22,20%) disseram corretamente que a tábua iria girar no sentido anti-horário e justificaram a resposta teoricamente sem apresentar os cálculos; 4 grupos (44,50%) disseram corretamente que a tábua iria girar no sentido anti-horário e comprovaram tal resultado apresentando os cálculos; 3 grupos (33,30%) disseram corretamente que a tábua iria girar no sentido anti-horário, porém apresentaram justificativas erradas.

A questão 4 aumentou ainda mais o grau de dificuldade. Nessa questão, foi proposto o deslocamento da tábua para o lado direito do apoio. Dessa forma, o peso da tábua não estaria

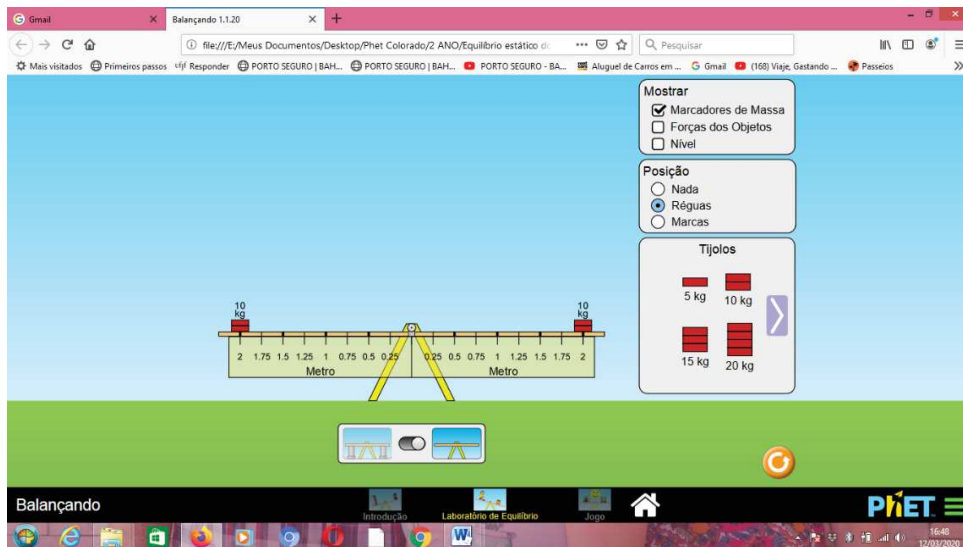
mais atuando sobre o ponto de apoio. Conseqüentemente, os alunos deveriam considerar o torque gerado pelo peso da tábua para calcular o torque resultante.

A seguir temos a apresentação da questão 4, a transcrição de algumas respostas e as análises dessas respostas.

**Questão 4:** A figura dada a seguir mostra que temos alguns tijolos apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos tijolos em relação ao ponto de apoio. Pode-se observar que a tábua está em equilíbrio na posição horizontal. Considere que a tábua será deslocada 50cm para o lado direito do apoio. Sabendo que a tábua tem massa igual a 5kg e que a gravidade local é de  $10\text{m/s}^2$ , responda:

- A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?
- Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

Figura 34: Ilustração da questão 4



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

Os grupos 3, 5 e 9, conforme mostram as transcrições a seguir, apresentaram os cálculos dos torques e justificaram corretamente suas respostas.

Figura 35: Resposta do grupo 3 referente à questão 4

a) A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?

A tábua irá girar no sentido horário pois o momento será maior do que no sentido anti-horário.

b) Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

$$M_1 = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ N}$$

$$M_2 = 100 \cdot 2,5 = 250 \text{ N}$$

$$M_3 = 50 \cdot 0,5 = 25 \text{ N}$$

$$M_1 + M_2 + M_3 = -150 + 250 + 25 = +125 \text{ (sentido horário)}$$

Fonte: Arquivo próprio

Figura 36: Resposta do grupo 5 referente à questão 4

a) A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?

A tábua irá girar no sentido horário, pois o momento será maior do que no sentido anti-horário.

b) Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

$$M_1 = -100 \cdot 1,5 = -150 \text{ N}$$

$$M_2 = 100 \cdot 2,5 = 250 \text{ N}$$

$$M_3 = 50 \cdot 0,5 = 25 \text{ N}$$

$$M_1 + M_2 + M_3 = -150 + 250 + 25 = +125 \text{ } \rightarrow \text{ sentido horário}$$

Fonte: Arquivo próprio



Figura 37: Resposta do grupo 9 referente à questão 4

a) A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?

A tábua irá girar no sentido horário pois o momento será maior do que no sentido anti-horário.

b) Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

$$M_1: 100 \cdot 1,5 = -150 \text{ N}$$

$$M_2: 100 \cdot 2,5 = 250 \text{ N}$$

$$M_3: 50 \cdot 0,5 = 25 \text{ N}$$

$$M_1 + M_2 + M_3 = -150 + 250 + 25 = +125 \text{ (sentido horário)}$$

Fonte: Arquivo próprio

O grupo 7, conforme mostra a transcrição a seguir, apresentou erros conceituais ao tratar as massas dos objetos como se fossem pesos, e também em relação às medidas das distâncias dos braços de alavanca.

Ao considerar a distância de 2,5m de um dos objetos até o apoio, o grupo deveria ter considerado a distância de 1,5m do outro objeto até o ponto de apoio.

Figura 38: Resposta do grupo 7 referente à questão 4

Vai girar um sentido anti-horário, devido ao lado direito possuir uma distância menor em relação ao ponto de apoio, e com isso o peso ficará maior do lado esquerdo e a tábua irá girar um sentido anti-horário.

b) Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

$$P_1 = 10 \text{ kg}$$

$$D_1 = 2,5 \text{ metros}$$

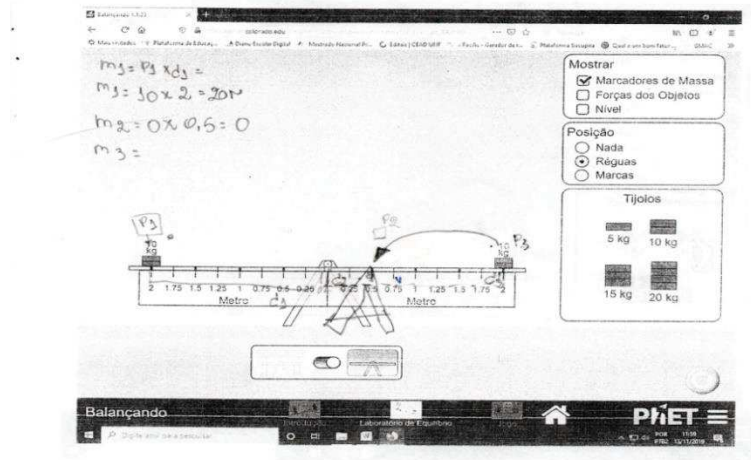
$$P_2 = 10 \text{ kg}$$

$$D_2 = 2 \text{ metros}$$

Fonte: Arquivo próprio

Os grupos 1 e 6, conforme mostram as transcrições apresentadas a seguir, cometeram erro de interpretação ao deslocar o ponto de apoio para a direita e não a tábua como foi orientado. Tal fato muda completamente o resultado, uma vez que ao deslocar o apoio para a direita, o centro de gravidade da tábua ficará localizado em um ponto à esquerda do apoio. Dessa forma, o torque gerado pelo peso da tábua será no sentido anti-horário.

Figura 39: Resposta do grupo 1 referente à questão 4



a) A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?

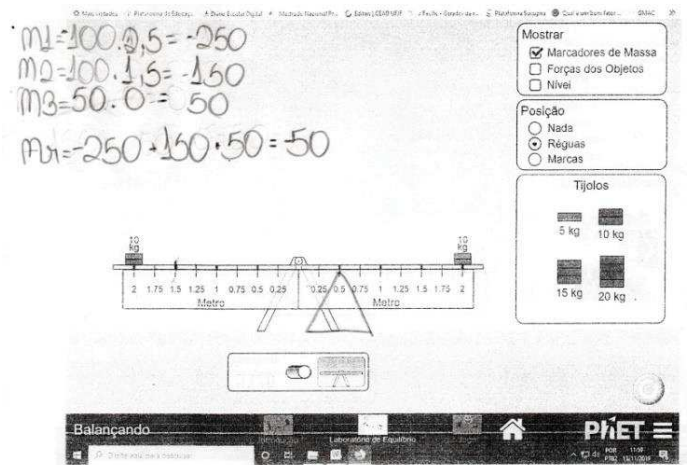
*Sim e depois de girar se desequilibrará, colocando assim um lado da tábua em desequilíbrio com o peso e a distância.*

b) Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

$M_1 + M_2 + M_3 = 0$   
 $10 \cdot 2,25 + 10 \cdot 1,75 + 0 = 0$   
 $22,5 + 17,5 = 0$   
40  
 $40 = 40$

Fonte: Arquivo próprio

Figura 40: Resposta do grupo 6 referente à questão 4



a) A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?

*Anti-horário, pois o cálculo está negativo.*

b) Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

*Calculo ~~o~~ a cima.*

Fonte: Arquivo próprio

Nessa quarta questão, letra a, os resultados apresentados foram: 3 grupos (33,40%) disseram corretamente que a tábua irá girar no sentido horário e justificaram a resposta; 2 grupos (22,20%) disseram corretamente que a tábua irá girar no sentido horário, mas não justificaram a resposta; 2 grupos (22,20%) disseram erradamente que a tábua irá girar no sentido anti-horário; 2 grupos (22,20%) não responderam em qual sentido a tábua irá girar.

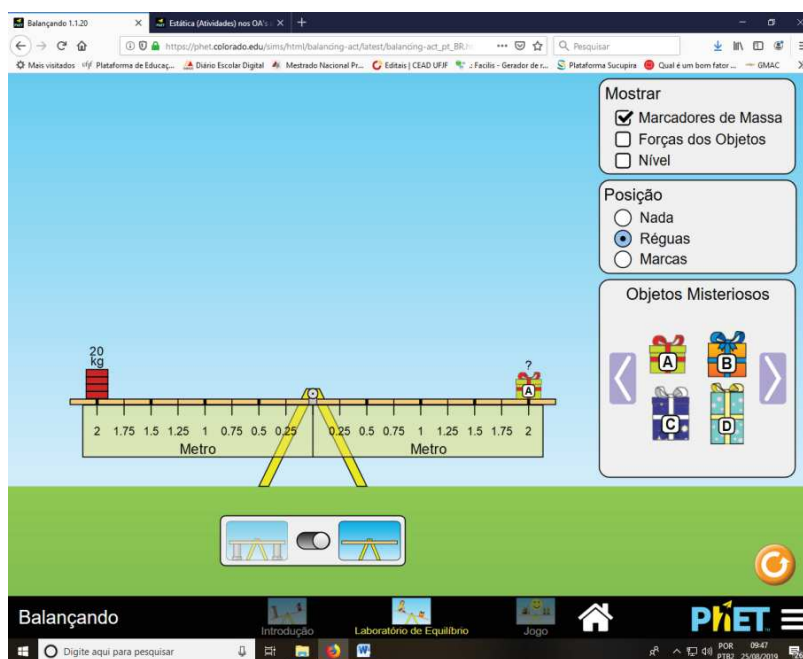
Em relação a letra b da quarta questão, os resultados foram: 3 grupos (33,40%) apresentaram corretamente os cálculos; 2 grupos (22,20%) não apresentaram os cálculos; 4 grupos (44,40%) apresentaram erros de cálculo.

É importante ressaltar que a questão 4 proporcionou aos alunos uma reflexão sobre o torque gerado pelo próprio peso da gangorra. Situação semelhante ocorreu na atividade desenvolvida no Centro de Ciências com a utilização da alavanca. Naquele momento, ficou evidenciado a dificuldade dos alunos em perceber a influência do peso da alavanca para se determinar a força mínima necessária para levantar uma pessoa. De certa forma, utilizando uma situação distinta, retomamos os mesmos conceitos.

A questão 5 apresenta duas situações. Na situação 1, os alunos tiveram como desafio determinar a massa do objeto A e justificar a resposta.

**Questão 5 – situação 1: Jogo da gangorra: descubra a massa secreta para cada um dos casos abaixo:**

Figura 41: Ilustração da questão 5 (situação 1)



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

Nessa questão 5, situação 1, os resultados apresentados foram: 9 grupos (100%) acertaram a massa secreta do corpo e justificaram corretamente a resposta. Diante dos resultados apresentados nessa questão, percebe-se que ao tratar de uma situação que apresenta simetria tanto das forças como dos braços de alavanca em relação ao ponto de apoio, os alunos conseguem perceber o equilíbrio da tábua.

A seguir é apresentada a transcrição da resposta de um dos grupos.

Figura 42: Resposta do grupo 3 referente à questão 5 (situação 1)

A massa do corpo A é de 20 Kg.

Justifique:  
A tábua está apoiada no meio, os corpos estão  
localizados na mesma distância e conseqüentemente  
terão a mesma massa.

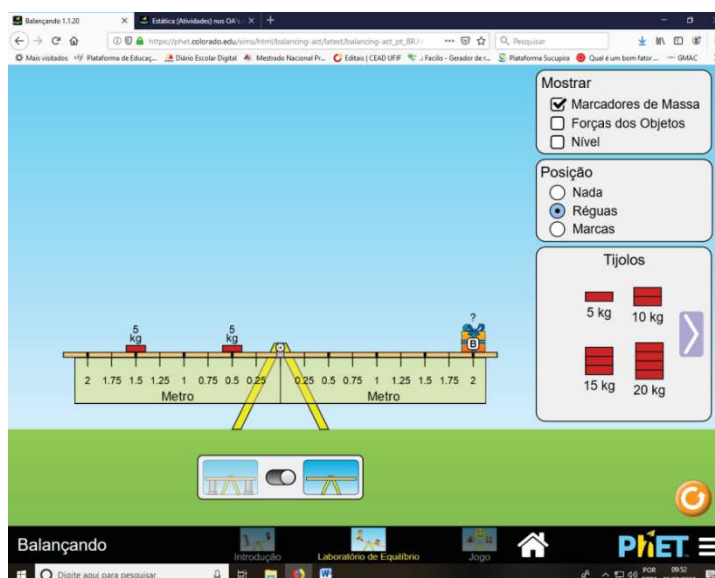
$$M_1 = 200 \cdot 2 = 400 \text{ N} \quad 400 = M \cdot 2$$

$$M_2 = ? \cdot 2 = ? \quad M = \frac{400}{2} = 200 = 20 \text{ kg}$$

Fonte: Arquivo próprio

Na situação 2 da questão 5, representada a seguir, aumenta-se o grau de dificuldade. Do lado esquerdo do ponto de apoio colocamos dois corpos de 5kg em posições diferentes. Do lado direito do ponto de apoio colocamos um objeto de massa desconhecida. Como desafio, os alunos deveriam determinar a massa do corpo de prova e justificar a resposta.

Figura 43: Ilustração da questão 5 (situação 2)



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

Nessa quinta questão, situação 2, os resultados apresentados foram: 5 grupos (55,6%) acertaram a massa secreta do corpo e justificaram corretamente; 2 grupos (22,2%) erraram a massa secreta do corpo e não apresentaram os cálculos; 2 grupos (22,2%) erraram a massa secreta do corpo e apresentaram erros conceituais.

Os grupos que acertaram a questão 5, situação 2, apresentaram os cálculos idênticos ao do grupo 3 ilustrado a seguir.

Figura 44: Resposta do grupo 3 referente à questão 5 (situação 2)

A massa do corpo B é de 5 kg.

Justifique:

$M_1 = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ N}$	$75 + 25 = 100 \text{ N}$
$M_2 = 50 \cdot 0,5 = 25 \text{ N}$	$100 = 10 \cdot 10$
$M_3 = ? \cdot 2 = ?$	$? = \frac{100}{2} = 50 \text{ N}$
	$\frac{50}{10} = 5 \text{ kg}$

Fonte: Arquivo próprio

Os grupos que apresentaram erros conceituais consideraram massa como força peso. A seguir temos a ilustração do grupo 1 que cometeu tal erro.

Figura 45: Resposta do grupo 1 referente à questão 5 (situação 2)

A massa do corpo B é de 0,5 kg.

Justifique:

$M_1 + M_2 + M_3 = 0$	$\begin{pmatrix} \cancel{10} & \cancel{10} & \cancel{10} \\ \cancel{10} & \cancel{10} & \cancel{10} \\ \cancel{10} & \cancel{10} & \cancel{10} \\ \cancel{10} & \cancel{10} & \cancel{10} \\ \cancel{10} & \cancel{10} & \cancel{10} \end{pmatrix}$	$\cancel{p} = \cancel{m} \cdot \cancel{g}$
$-5 \cdot 1,5 + \cancel{p} + 2 + 5 \cdot 0,5 = 0$		$5 = \cancel{m} \cdot 10$
$-7,5 + \cancel{p} + 2,5 = 0$		$\cancel{m} = 5$
$\cancel{p} = 7,5 + 2,5$		10
$\cancel{p} = 10$		$(\cancel{m} = 0,5)$

Fonte: Arquivo próprio

Apesar dos conceitos de massa e peso terem sido amplamente discutidos durante a aplicação das atividades, percebe-se que alguns alunos não compreenderam cientificamente os seus significados. Diante disso, a retomada das questões realizadas após as atividades foi fundamental para que os alunos pudessem perceber os erros e, posteriormente, desenvolver novos raciocínios em busca dos resultados esperados.

No dia 27 de novembro de 2019, durante a aula de Física da turma, realizada na Escola Estadual Presidente Costa e Silva, foram retomadas as questões da avaliação com o simulador PhET. Os alunos tiveram, então, a oportunidade de rever os erros e acertos.

A sequência didática desenvolvida buscou propiciar situações de ensino-aprendizagem que pudessem favorecer a alfabetização científica. Dessa forma, para análises das atividades desenvolvidas, foram considerados os indicadores de Alfabetização Científica apresentados por Sasseron (2017): a seriação de informações; a organização de informações; a classificação de informações; o levantamento de hipóteses; o teste de hipóteses; a justificativa (explicação).

#### **6.4.5 Os indicadores da Alfabetização Científica evidenciados na aplicação da SD**

Sasseron (2017) apresenta três eixos estruturantes da Alfabetização Científica: o primeiro refere-se à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. O segundo preocupa-se com a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos aos quais estão inseridos. E, por fim, o terceiro eixo que compreende o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

O primeiro eixo estruturante foi utilizado para o planejamento e análises das atividades desenvolvidas na sequência didática. Alguns conceitos científicos foram sendo construídos a partir da experimentação, observação, análises e reformulação. Foram trabalhados os seguintes conceitos: força, centro de gravidade, braço de alavanca, torque, condições de equilíbrio estático, simetria. Como aplicação do conhecimento, os alunos tiveram a oportunidade de utilizar a alavanca.

As atividades desenvolvidas apresentaram como um dos objetivos principais possibilitar aos alunos a construção de conhecimentos científicos através da experimentação. Além disso, puderam aplicar tais conhecimentos com a utilização de uma alavanca.

Após a utilização da alavanca no salão principal do Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, os alunos tiveram a oportunidade de apresentar os resultados obtidos. Posteriormente, foram levantadas algumas questões: quais diferenças vocês perceberam entre a utilização da alavanca com o braço dela esticado e com o braço encolhido? Por que isso ocorre? Como podemos definir uma alavanca? Quais exemplos vocês conhecem de outras situações em que outros tipos de alavancas poderiam ser utilizados?

Como diferença na utilização da alavanca, considerando as duas situações apresentadas, os alunos destacaram principalmente a relação da intensidade da força aplicada para levantar o objeto de acordo com o braço da alavanca. Afirmaram que para um maior braço de alavanca, menor seria a força necessária para levantar o objeto. Para justificar a resposta, relacionaram as variáveis força e braço de alavanca com a definição de torque.

Como definição de alavanca, destacaram principalmente se tratar de um equipamento capaz de auxiliar na aplicação de forças com objetivo de facilitar o movimento de um objeto.

Após apresentarem a definição de alavanca, foi levantada a seguinte questão: quais outros tipos de alavancas vocês conhecem ou utilizam no dia a dia?

Os diversos grupos apresentaram vários tipos de alavancas, como por exemplo, do tipo interfixa: tesoura, martelo, alicate, balança; do tipo inter-resistente: abridor de garrafa, carrinho de mão; e do tipo interpotente: pinça, cortador de unha.

Ao relacionar os conceitos científicos envolvidos nas atividades experimentais com outros objetos, os alunos conseguiram identificar diversas aplicações das alavancas no nosso cotidiano. Embora as atividades investigativas trabalhadas apresentem indicadores da alfabetização científica, é fundamental que o professor promova discussões que façam com que os alunos argumentem sobre os conceitos científicos envolvidos e reflitam sobre as suas aplicações na sociedade.

Ao final de cada momento da sequência didática, os alunos tiveram a oportunidade de apresentar os resultados, analisar hipóteses, argumentar, retomar questões, refazer cálculos, comparar respostas e indicar soluções. Dessa forma, as atividades investigativas desenvolvidas buscaram favorecer a construção do conhecimento científico a favor da Alfabetização Científica.

Nessa pesquisa realizada foram utilizados alguns indicadores da Alfabetização Científica que apresentam como função promover situações que favoreçam a compreensão básica de conceitos científicos fundamentais, conforme apresentado no eixo estruturante 1.

Os indicadores da Alfabetização Científica utilizados foram: organização de informações; levantamento e testagem de hipóteses; previsão e análises das respostas dadas; justificativa das respostas dadas; explicação dos resultados.

Para análises dos indicadores da Alfabetização Científica foram considerados: planejamento das atividades com enfoque investigativo; análises das discussões orais ocorridas

durante as atividades; análises dos registros das atividades produzidos pelos alunos (caderno de atividades).

As discussões orais foram gravadas pelos alunos monitores durante as atividades experimentais realizadas no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora. A seguir são apresentados alguns indicadores da Alfabetização Científica presentes na aplicação da sequência didática.

Inicialmente, os alunos tiveram que equilibrar corpos de massas iguais em uma gangorra montada com réguas de madeira. Tiveram, nesse caso, a liberdade de escolher a posição do ponto de apoio. Como esperado, posicionaram o apoio no meio e colocaram um corpo de prova de cada lado das extremidades da gangorra. Portanto, ao utilizarem objetos de massas iguais, obtiveram facilmente o equilíbrio estático. Em uma segunda situação, foram utilizados corpos de massas diferentes. Nesse caso, os alunos tiveram dificuldade de obter o equilíbrio estático, uma vez que o apoio centralizado, não permitiu colocar os objetos com as mesmas distâncias em relação ao apoio.

Então, várias questões começaram a ser levantadas: “O objeto mais pesado deve ficar mais próximo ou afastado do apoio?”; “Além do peso, qual outra variável influencia no equilíbrio?”; “Qual medida da distância vamos considerar para o braço de alavanca?”. Ao posicionar os corpos de prova em diferentes posições, os alunos tiveram a oportunidade de avaliar como as variáveis envolvidas no processo de equilíbrio estático influenciavam no resultado. Trata-se, portanto, de oportunidades de levantar hipóteses e testá-las experimentalmente.

Durante a experimentação investigativa, os alunos tiveram a oportunidade de refutar algumas hipóteses e comprovar outras.

Em uma das atividades investigativas, os alunos deveriam equilibrar em uma gangorra corpos de prova de massas diferentes. No caso, conforme apresentado na transcrição a seguir, a aluna M3 relacionou a mudança de peso do corpo de prova de acordo com a posição que ele ocupa na gangorra.

M3: Se colocar esse aqui na mesma posição daquele, esse aqui vai pesar mais.

Para confrontar o pensamento da aluna com os conceitos científicos envolvidos no experimento, buscamos apresentar quais as variáveis envolvidas no equilíbrio estático e de que forma ele ocorre. Em um segundo momento, retomamos a questão.



Professor: Façam uma análise desse equilíbrio atingido. O que aconteceu?

M2: Quanto mais perto da borda, mais o peso irá influenciar. É como se fosse uma gangorra.

Professor: Mas é o peso do corpo que irá mudar?

M2: Não.

Professor: Então, o que está mudando?

M2: Está mudando a localização

Professor: Então, quando você chega o corpo de prova para lá, você está mudando a localização dele em relação a quê?

M3: A posição em relação ao apoio.

Evidencia-se uma reorganização das informações fornecidas e uma reformulação conceitual por parte dos alunos que não mais consideram a mudança de peso dos corpos. Com isso, puderam perceber que o braço de alavanca é um fator preponderante para se estabelecer o equilíbrio estático da gangorra.

Outro conceito discutido foi o de simetria. Os alunos perceberam facilmente que em situações de corpos de prova de massas iguais, colocados em posições simétricas em relação ao ponto de apoio, deixavam a gangorra em equilíbrio. Tratamos tal situação como uma simetria visual da distância e da força, e conseqüentemente do torque. Porém, em outras situações de equilíbrio, os alunos simplesmente apontavam para a não existência da simetria. Dessa forma, a ideia de simetria atrelada ao torque foi sendo construída durante as discussões e experimentações.

As atividades experimentais desenvolvidas possibilitaram aos alunos a reconstrução de conceitos. Conforme destaca Vygotsky (2001), é por meio dessa reconstrução interna (internalização) de instrumentos e signos que se permite o desenvolvimento cognitivo. Em outras palavras, à medida que o aluno vai aprendendo a utilizar determinados instrumentos, dando-lhes significado, mais se ampliam suas funções psicológicas.

No processo de ensino-aprendizagem, cabe ao professor estabelecer intervenções e mediações que proporcionem transformações de significados que superem as situações em que se configurem apenas as experiências vividas e passem a favorecer também as definições, ordenações e referências culturalmente consolidadas.

A interação discursiva é, portanto, uma importante ferramenta facilitadora de aprendizagem de conceitos científicos. Ela favorece a argumentação dos alunos que buscam dar significados aos resultados obtidos.

As atividades desenvolvidas mostraram a existência de alguns indicadores da Alfabetização Científica. Porém, tais indicadores somente fazem sentido se forem verdadeiramente trabalhados durante as atividades, ou seja, o professor deve promover discussões que permitam aos alunos testarem hipóteses, avaliarem resultados, refutar “ideias” e reconstruir conceitos, explicar raciocínios empregados.

Diante de situações experimentais, foram analisados os resultados obtidos a partir de questionamentos do tipo: como obtemos o equilíbrio estático? Que variáveis são consideradas? Qual a relação entre elas? O que acontece quando aumentamos ou diminuimos cada uma delas? Que outras possibilidades podem ser testadas? Como vocês chegaram a essa conclusão?

O processo de investigação a partir de uma situação problematizadora foi de fundamental importância para que os alunos pudessem desenvolver um processo de argumentação.

Ao elaborarem suas hipóteses, os alunos se estruturaram em seus saberes cotidianos ou até mesmo em conhecimentos científicos já consolidados. A partir daí, apresentaram proposições que foram confrontadas ou afirmadas por outras hipóteses e observações dos fenômenos.

Após levantar e testar hipóteses, os alunos apresentaram os resultados justificando as respostas alcançadas. Em alguns casos, os resultados obtidos não foram os esperados. Ao confrontá-los com as visões prévias, surgiram novas hipóteses que foram testadas. Trata-se, portanto, de um processo de investigação em que os erros foram valorizados de maneira a possibilitar aos alunos compreender e analisar os conceitos científicos envolvidos.

A testagem de hipóteses durante as atividades investigativas permitiu que os alunos confrontassem determinados conceitos cotidianos e começassem a construir explicações para os fenômenos observados. Dessa forma, ocorre o que Vygotsky chama de internalização do conhecimento.

As interações entre os grupos após o desenvolvimento de cada atividade experimental, mediadas pelo professor e por alunos “mais capazes”, tiveram como objetivos: esclarecer dúvidas, possibilitar a construção de explicações elaboradas, revisar resultados obtidos, trocar ideias e informações, promover debates.

De certa forma, permitiu-se a sistematização dos conceitos destacados no eixo estruturante 1. Os alunos tiveram a oportunidade de perceber que as alavancas fazem parte do cotidiano e são importantes objetos para realizar determinadas tarefas. Além disso, puderam utilizar alavancas durante as atividades, testando e analisando as variáveis envolvidas, construindo significados, e conseqüentemente, buscando compreender os princípios de seu funcionamento.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dias atuais, percebe-se que o ensino deve considerar não apenas o trabalho com conceitos e ideias científicas. É preciso ensinar aos alunos a perceberem os fenômenos, examiná-los, explicá-los, ou seja, torná-los capazes de construir hipóteses, elaborar suas próprias ideias, organizar e construir o conhecimento científico.

O processo de ensino por investigação, proposto na sequência didática desenvolvida nessa pesquisa, buscou propiciar situações em que os estudantes pudessem confrontar as ideias geradas pelas próprias vivências com os conhecimentos científicos abordados nas atividades desenvolvidas.

A compreensão dos conceitos científicos em um processo de ensino não ocorre por substituição dos conceitos espontâneos. O aluno deve ter acesso a todos esses conceitos e ao mesmo tempo ter a oportunidade de confrontá-los. Cabe ao professor mediar esse processo de tal forma a conduzir seus alunos para reflexões e análises dos conteúdos abordados.

A mediação feita por alunos monitores também se torna fundamental nesse processo de ensino-aprendizagem. Segundo Vygotsky, as interações sociais devem ocorrer entre alunos que possuam a ZDP e ZDR diferentes, ou seja, os alunos mais “capazes” poderão ensinar os demais.

De fato, podemos afirmar que as mediações por si só não garantem a aprendizagem. Conforme avaliações apresentadas nesta pesquisa, destacamos que os conteúdos que desencadeiam situações de aprendizagem envolvem conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Outro ponto que não poderíamos deixar de destacar é a metodologia utilizada. Ao propor o desenvolvimento de atividades investigativas, buscamos valorizar a interação dos alunos de maneira que eles pudessem construir os próprios caminhos para buscar os resultados. Além disso, tais atividades proporcionaram trabalhar situações variadas que promoveram reflexões e análises dos conceitos envolvidos.

Em síntese, podemos então destacar algumas importantes etapas da sequência didática. Inicialmente, foi apresentada para os alunos uma situação-problema contextualizada e algumas perguntas relacionadas ao assunto proposto. A ideia de contextualização aqui está relacionada ao conhecimento, ou seja, representa possibilidades dadas aos alunos de relacionar os conceitos a serem trabalhados com o cotidiano. Tal procedimento é fundamental para que os alunos possam perceber que se trata de conhecimento construído socialmente. Já a ideia de

problematizar está relacionada à possibilidade de oportunizar aos alunos superar o olhar fundamentado no senso comum para um olhar crítico e amparado cada vez mais por conhecimentos científicos.

Em um outro momento, os alunos tiveram a oportunidade de desenvolver atividades experimentais investigativas através de uma sequência de ensino que apresentou como objetivo a construção de conceitos científicos (definição de torque e dos princípios de funcionamento das alavancas). No caso, buscamos possibilitar a passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo através da mediação. Através de levantamento de “pequenas” questões (questionamentos que possibilitam argumentação), buscamos proporcionar aos alunos tomadas de consciência de como resolver o problema, analisando erros e acertos, levantando e testando hipóteses. É importante destacar que houve uma valorização dos erros para a construção do conhecimento. Segundo Vygotsky (2001), é exatamente durante esses processos sociais que as mais elevadas funções mentais (superiores) dos indivíduos se emergem.

Através do ambiente investigativo criado, foi evidenciado importantes interações entre alunos, entre aluno e professor e entre os alunos e os problemas propostos. Dessa forma, as atividades experimentais investigativas se mostraram como instrumentos fundamentais para favorecer a participação e envolvimento dos alunos.

Ao finalizar cada etapa da sequência didática, tivemos também a preocupação de propor aos alunos uma sistematização do conhecimento construído. Nesse caso, proporcionamos a eles “espaço” para apresentação e discussão dos resultados, buscando retomar a situação-problema inicial.

A possibilidade de desenvolvimento de atividades investigativas em um centro de ciências foi o propulsor desta pesquisa. Acreditamos que as interações sociais favoreçam a aprendizagem quando ocorrem de forma consciente e prazerosa. Dessa forma, a capacitação dos alunos monitores juntamente com a utilização de espaços de educação não formal são fundamentais para promover situações que possam favorecer a alfabetização científica.

Como objetivo principal da pesquisa, procuramos criar um ambiente investigativo que pudesse favorecer a alfabetização científica em espaços de educação formal e não formal. Para analisar os resultados da aplicação da sequência didática, utilizamos alguns indicadores propostos por Sasseron (2017). O primeiro indicador foi o levantamento de hipóteses. Situações distintas foram abordadas na sequência didática de maneira a estabelecer um confronto de ideias

para que os alunos pudessem rever determinados conceitos e, conseqüentemente, estabelecer novas hipóteses. Dessa forma, os alunos utilizaram processos investigativos para avaliar as variáveis e os resultados.

Ao testar as hipóteses, outro indicador, os alunos se colocaram à prova de suposições e, conseqüentemente, passaram a refletir e buscar soluções para resolver os problemas propostos. Nesse caso, o indicador foi caracterizado tanto pela manipulação direta dos objetos experimentais quanto pelo nível de ideias e conhecimentos anteriores.

As atividades propostas na sequência didática exigiram justificativas das respostas dadas. Esse indicador foi de fundamental, uma vez que possibilitou o registro para análises dos raciocínios empregados pelos alunos.

Outro indicador foi prever as respostas dos alunos. Em alguns casos, os alunos obtiveram os resultados esperados durante a realização das atividades, em outros, os resultados divergiram-se e, dessa forma, oportunizaram discussões e reflexões para retomadas de determinados conceitos.

Por fim, o indicador explicação. Após a realização de cada atividade, os alunos tiveram a oportunidade de apresentar seus resultados, detalhando o processo utilizado. As retomadas dos conceitos científicos envolvidos nas atividades investigativas possibilitaram a eles revisar erros e acertos. Ao identificá-los, puderam apresentar novos raciocínios a partir de novas hipóteses. Dessa forma, a interação entre os grupos proporcionou uma troca de informações e conhecimentos que favoreceram a compreensão dos resultados.

Alfabetizar cientificamente envolve, portanto, proporcionar oportunidades, ampliar espaços (educação formal e educação não formal), criar possibilidades para que os alunos discutam conceitos científicos, possibilitar o desenvolvimento de atividades investigativas a partir de situações-problema, estabelecer relações entre aquilo que eles já conhecem do seu cotidiano e as novas informações que são proporcionadas.

As atividades investigativas desenvolvidas durante a sequência didática possibilitaram uma análise quantitativa e qualitativa dos resultados. Em termos qualitativos, foram realizadas análises a partir das discussões realizadas e das respostas escritas dadas pelos alunos. Já em termos quantitativos, foi descrito a porcentagem de erros e acertos de cada questão.

Os resultados obtidos mostraram que as atividades investigativas mediadas pelo professor e alunos monitores podem contribuir para a compreensão de conceitos científicos. Para tanto, mostrou-se necessário a realização de planejamento contínuo, participação ativa dos

alunos, abordagem de conteúdos que estejam dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos e situações-problema contextualizadas.

Dessa forma, através do desenvolvimento de uma sequência didática, procurou-se destacar a importância de um processo contínuo de ensino-aprendizagem que utilize espaços de educação formal (Instituição escolar) e não formal (Centro de Ciências da UFJF) a favor da alfabetização científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, André Koch Torres. **Arquimedes: o centro de gravidade e a lei da alavanca**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

ANTUNES, Celso. **Como desenvolver as competências em sala de aula**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BALANCING ACT In **PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics). Acesso em: 18 abr. 2020.

BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. In: **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, p.265–278, set. 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 1999.

BRASIL, Secretaria da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf). Acesso em 16 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério de Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BIASUTTI, Luana et al. Práticas de divulgação científica em espaços não formais de educação da cidade de Vitória – ES. In: XIII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2011, Foz do Iguaçu. **Atas [...]** São Paulo: SBF, 2011. p. 1-3. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2011/sys/resumos/T2886-1.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

BIZERRA, A.; MARANDINO, M. A concepção de “aprendizagem” nas pesquisas em educação em museus de ciências. In: **Anais do VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009.

CAMPOS, Maria Cristina da Cunha; NIGRO, Rogério Gonçalves. **Didática de Ciências: o ensino aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CAPECCHI, Maria Cândida Varone de Moraes. Problematização no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p.21-39.



CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (org.). **Ensino de Ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 18, n. 3, p.765 – 794, dez 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: jan. 2020.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; RICARDO, Elio Carlos; SASSERON, Lúcia Helena; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos; PIETROCOLA, Mauricio. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: GATICA, M Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (ed). **Enseñar ciencias en el Nuevo milenio**: retos e propuestas. Santiago: Universidade católica de Chile,2006.

CASTILLO, Jorge Padilla González del. El concepto de centro interactivo de ciências. **Ide@s Concyteg**, ano 1, n. 17, nov. 2006. Disponível em: <https://sices.guanajuato.gob.mx/Resources/ideas/ebooks/17/descargas.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

COLL, C. Um marco de referência psicológico para la educación escolar: la concepción constructivista Del aprendizaje y de la enseñanza. In C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (comps.), **Desarrollo psicológico y educación**. Psicología de la educación. Madrid: Alianza Editorial, v. 2, p.435-454, 1990.

COLL, C. Um modelo de curriculum para la enseñanza obligatoria. In: COLL, C. **Psicología y curriculum**. Buenos Aires: Paidós, 1987.

CUESTA, M. et al. Los museos y centros de ciência como ambientes de aprendizaje. Alambique – **Didáctica de Las Ciencias experimentales**, Bilbao: Universidad del País Vasco, 2000, n. 26, p. 21-28.

FERNANDES, S. S. *Uma Proposta de atividades investigativas envolvendo sistema métrico*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1980.

FREITAS, Maria Teresa de Assunção (org). Vygotsky: um homem, seu tempo, sua atualidade. In: FREITAS, M. T. A. **Vygotsky: um século depois**. Juiz de Fora: EDUFJF, 1998.

FREITAS, Maria Teresa de A. **Vygotsky e Bakhtin - Psicologia e Educação**: um intertexto. São Paulo: Ática, 1994.

GARNIER, C. et al (org). **Após Vygotsky e Piaget**: perspectivas social e construtivista. Escolas Russa e ocidental. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GAGO, J. M. O exercício prático da cultura científica. In: SANTOS, B. DE S. **Conhecimento prudente para uma vida descecente**: “Um discurso sobre as ciências” revisitado. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2006, p. 601-611.

GASPAR, Alberto. **Museus e centros de ciências - conceituação e proposta de um referencial teórico**. 1993. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GASPAR, Alberto. A educação formal e a educação informal em ciências. In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I.C.; BRITO, F. **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

GASPAR, Alberto; HAMBURGUER, E. W. Museus e centros de ciências: conceituações e propostas de um referencial teórico. In: NARDI, R. (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

GASTAL, M. L. et al. Educação científica em contextos não formais: impasses e possibilidades. In: SALLES, P. S. B. de A; GAUCHE, R. **Educação científica, inclusão social e acessibilidade**. Goiânia: Cãnone Editorial, 2011.

GIL PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, v.11, n.2, p.197-212, 1993.

GIL PEREZ, D.; CASTRO, P. V. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un exemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.14, n.2, 1996. Disponível em: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/21444/93407>. Acesso em: 7 março. 2019.

HIBBELER, R. C. **Estática: mecânica para engenharia**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil. 2010.

JACOBUCCI, Daniela Franco Carvalho. Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **Revista Em Extensão**, Uberlândia, v. 7, p.55-66, 2008.

JACOBUCCI, Daniela Franco Carvalho. **A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil**. 2006. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: [http://www.fiocruz.br/brasiliana/media/Tese\\_Jacobucci.pdf](http://www.fiocruz.br/brasiliana/media/Tese_Jacobucci.pdf). Acesso em: 03 mar. 2020.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.45-61, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v3n1/1983-2117-epec-3-01-00045.pdf>. Acesso em 06 abr. 2020.

MARANDINO, Martha. Enfoques de educação e comunicação nas bioexposições de museus de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p.103-120, 2003.

MARANDINO, Martha (org.). **Educação em museus: a mediação em foco**. São Paulo: GEENF/FEUSP, 2008.

MARANDINO, Martha. Interfaces na relação museu-escola. **Revista Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 85-100, 2001.

MARANDINO, Martha. Museus e educação: discutindo aspectos que configuram a didática museal. In: DALBEN, Angela et al. (org.). **Coleção didática e prática de ensino: Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010, p.389-400.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. Três questões sobre o desenvolvimento conceitual e escolarização. In OLIVEIRA, M.K.de(org.). **Investigações cognitivas**. Porto Alegre: Artes médicas, 1999.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky e o processo de formação de conceitos**. In: Piaget-Vygotsky-Wallon. São Paulo: Summes Editorial, 1992. p.23-34.

PRO BUENO, A. Reflexiones para le selección de contenidos procedimentales em ciências. In: **Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales**. n.6, 1995, p.77-87.

REGO, Tereza Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 25 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

RODRIGUEZ, J et al. ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza. In: **Revista investigación. Investigación em la escuela**, Universidad de Sevilla, n. 25, 1995, p.5-16.

SÁ, Eliane Ferreira de et al. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em Ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, **Anais do VI ENPEC**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p820.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

SABBATINI, Marcelo. Museus e centros de ciência virtuais: uma nova fronteira para a cultura científica. **Revista Com Ciência**, Campinas, n. 45, p.1-6, 2003. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura14.shtml>. Acesso em: jan. 2020.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2018, p.1-28.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabrício. **Alfabetização científica na prática**. Inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SCHROEDER, Edson. Conceitos espontâneos e conceitos científicos: o processo da construção conceitual em Vygotsky. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação - FURB**, v.2, n. 2, p. 293-318, 2007. Disponível em: <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/atosDepesquisa/article/view/569>. Acesso em: março de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Conselho Superior da UFJF. **Resolução Nº30/2018**. Regulamenta o Centro de Ciências da UFJF e dá outras providências. Juiz de Fora: Ministério da Educação, nov. 2018. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/consu/resolucoes/consulta-as-resolucoes/2018-2/>. Acesso em: fev. 2020.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WATSON, J. Road. Student's discussions in practical scientific inquiries. In: **International Journal Science education**, v. 26, n. 1, p.25-45, jan 2004.

YAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio: Mecânica I**. 4 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

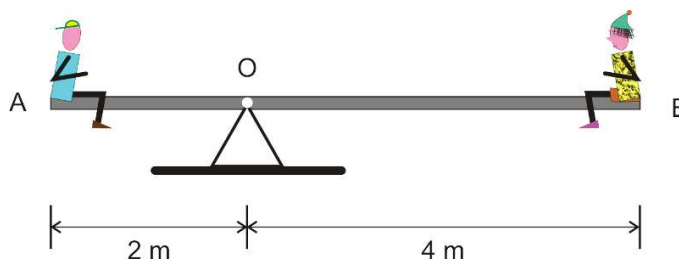
YOUNG, Hugh d.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: Mecânica**. Tradução: Sonia Midori Yamamoto. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

**APÊNDICE A – CADERNO DE ATIVIDADES DO ALUNO****SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ALAVANCAS****1º e 2º Momentos - Individual****Aluno(a):** \_\_\_\_\_**Data de aplicação:** \_\_\_\_\_**Local: Escola Estadual Presidente Costa e Silva**

Olá querido estudante. Vamos começar a trabalhar uma sequência didática bastante interessante. Você sabe o que é uma sequência didática? Trata-se de um procedimento constituído por etapas encadeadas que buscam tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente. A nossa sequência didática terá etapas na Escola Estadual Presidente Costa e Silva e etapas no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora (salão principal e laboratório de Física). As atividades propostas nessa sequência didática possuem caráter investigativo. Dessa forma, inicialmente, é necessário trazer algumas questões relacionadas ao tema trabalhado (alavancas) para que possamos direcionar o desenvolvimento das etapas posteriores. Então, a partir da problematização inicial, procure pensar sobre a situação apresentada e responda às questões dadas a seguir.

**1º Momento:** Apresentação da problematização inicial**I. Situação problema:**

Na década de 1980 era bastante comum as brincadeiras de crianças nos quintais e nas ruas próximas das casas onde moravam. O pai de João e Maria, Sr. Otávio, adorava construir os brinquedos para seus filhos. Já havia feito carrinhos de rolimã, piões, tabuleiro de jogo de botão, entre outros. Certo dia, ele resolveu construir uma gangorra. Deixou tudo preparado e faltava apenas fixar a gangorra com uma dobradiça móvel no ponto de apoio O. Enquanto o Sr. Otávio tirava um descanso, João (posição A) e Maria (posição B) apoiaram a tábua de madeira sobre a base de apoio e começaram a brincar. Ambos possuem aproximadamente a mesma massa.



**Figura 1: gangorra**

De acordo com a figura acima, percebemos que João e Maria apoiaram a tábua de madeira de maneira não simétrica em relação ao ponto de apoio. Pensando nisso...

**Situação problema:**

**Como será o desenrolar da brincadeira?**

**2º Momento: Questões individuais – Avaliação diagnóstica**

Agora, nessa etapa, você deve responder às questões dadas a seguir. Trata-se de uma boa oportunidade para expor o seu conhecimento de vida sobre o assunto. Então, vamos lá.

**Registro individual 1: Responder individualmente as questões abaixo**

**II. Questões levantadas:**

1. Alguém controla a brincadeira? Por quê?

---



---



---



---

2. Existe alguma possibilidade de deixar João ou Maria sem levar vantagem? Qual seria?

---



---



---



---

3. Você saberia dizer o que é uma alavanca e para que ela serve? Como podemos relacionar a gangorra com uma alavanca?

---

---

---

---

4. Você sabe dizer o que é momento de uma força ou torque?

---

---

---

---

5. Como as forças envolvidas influenciam na brincadeira da gangorra? Que forças são essas?

---

---

---

---

6. João e Maria apresentam distâncias diferentes até o ponto de apoio. Como você modificaria a posição deles em relação ao ponto de apoio para que a brincadeira se torne mais viável? Justifique a sua resposta.

---

---

---

**Proposta de atividade investigativa:****3º, 4º, 5º, 6º e 7º Momentos – Atividades em grupo****Experimentações 1, 2 e 3 – Alavancas****Componentes do grupo presentes:****Aluno(a):** \_\_\_\_\_**Aluno(a):** \_\_\_\_\_**Aluno(a):** \_\_\_\_\_**Aluno(a):** \_\_\_\_\_**Data de aplicação:** \_\_\_\_\_**3º Momento: Descrição das soluções (Experimentações 1, 2 e 3).****Local:** Laboratório de Física do Centro de Ciências da UFJF.

Olá pessoal. Estamos no Centro de Ciências da UFJF. Mais especificamente, no laboratório de Física. Nessa etapa, vocês irão realizar uma atividade experimental bastante interessante. Então, é hora de se enturmar com o seu grupo e se dedicar para resolver a proposta investigativa em questão. Vamos começar...

**Lista de materiais:****As réguas de madeira disponíveis:**

- ✓ Régua de madeira de 1 metro.

**Os corpos de prova disponíveis são:**

- ✓ Corpos de prova de 50g;
- ✓ Corpos de prova de 75g;
- ✓ Corpos de prova de 100g;
- ✓ Corpos de prova de 125g;
- ✓ Corpos de prova de 150g;
- ✓ Corpos de prova de massa não definida.



**Cada grupo irá utilizar:**

- Duas régua de madeira de 1 metro cada;
- Um corpo de prova de massa conhecida (o grupo pode escolher entre os disponíveis: 50g, 75g, 100g, 125g e 150g);
- Um corpo de prova de massa não identificada (“massa secreta”).

**Orientações para montagem do experimento:**

- Coloque uma régua na bancada para servir de base de apoio. Em seguida, coloque a outra régua sobre a primeira e a apoie no ponto que desejar.
- Cada grupo deverá buscar uma situação de equilíbrio de maneira que o único ponto de apoio deverá ser o ponto de contato com a régua de base.
- Os dois corpos de prova escolhidos deverão ser posicionados sobre a régua de forma a obter uma posição de equilíbrio na horizontal.

**Situação problema do experimento:**

Como podemos determinar a massa do corpo de prova desconhecido sem utilizar uma balança?

**Objetivos:**

- Definir equilíbrio estático dos corpos;
- Discutir e identificar as possibilidades de equilíbrio utilizando corpos de massas diferentes;
- Manipular os corpos de massas diferentes de maneira a construir diversas possibilidades de equilíbrio;
- Analisar e calcular o momento de giro em cada um dos lados da gangorra.
- Calcular o momento resultante.
- Relacionar o momento resultante com o equilíbrio da gangorra.

**Atividade experimental 1****Parte 1: Orientações para execução do experimento**

- Cada grupo deverá escolher dois corpos de massas identificadas e iguais.
- Cada grupo deverá posicionar os corpos sobre a régua de maneira que ela fique em equilíbrio no final do processo.

- Após atingir o equilíbrio na horizontal, cada grupo deverá registrar no desenho dado a seguir as posições dos corpos utilizados (identificar pelo número do corpo de prova) e a posição do ponto de apoio.

Faça abaixo a representação das posições dos corpos na barra e represente também o ponto de apoio:

**Atenção:** para a medida da distância, faça a medida contando a partir do centro da base da caixinha.



**Agora que vocês já desenvolveram uma situação de equilíbrio é hora de fazer alguns registros. Respondam às questões dadas a seguir.**

**Registro após a experimentação 1 (parte 1):**

1. Quais as condições para que um corpo fique em equilíbrio?

---

---

---

---

---

2. Como a posição e a massa dos objetos influenciam na situação de equilíbrio?

---

---

---

---

---

3. Quais as dificuldades vocês tiveram para obter o equilíbrio estático da régua?

---



---



---



---



---

**Vamos iniciar agora a segunda parte do nosso experimento. Para isso, iremos trabalhar com o conceito de momento de uma força ou torque. Você já ouviu falar nisso? Mesmo que não, você sabia que um corpo poderá girar sobre um determinado eixo quando estiver sobre a ação de forças? Falar de momento de uma força é falar também dessa tendência de girar. Vamos começar a pensar um pouco mais sobre essas questões desenvolvendo alguns cálculos e refletindo sobre os resultados. Então, vamos lá...**

### Parte 2: Desenvolvimento de cálculos

Agora, a partir do equilíbrio dos corpos obtidos pelo grupo, faça os registros na tabela dada a seguir:

	Ponto de apoio	Corpo 1	Corpo 2
distância (m)			
Massa (Kg)	XXXXXXXXXX		
Peso (N)	XXXXXXXXXX		

#### Atenção:

- ❖ Cuidado com as unidades a serem utilizadas (Sistema Internacional de Unidades).
- ❖ A distância a ser registrada é a medida aproximada do centro da base do corpo de prova até o ponto de apoio da régua.
- ❖ Adote o ponto de apoio como o ponto de medida zero (referência).

#### Para cálculo do peso vamos considerar:

Gravidade local: Aproximadamente  $\rightarrow g=10\text{m/s}^2$

$$P = m \times g$$

**Cálculo do momento de uma força ou torque:**

Definição: Torque ou momento de uma força pode ser definido como uma grandeza vetorial responsável pela facilidade ou dificuldade em girar um corpo ao redor de um ponto de apoio. O módulo da intensidade do torque é dado por:

$$M = F \times d$$

**Sendo:**

M = Momento de uma força ou torque (Newton x metro)

F = Força (Newton)

d = distância entre o ponto de apoio e a força aplicada (metros)

**Registro do torque para cada corpo utilizado no experimento:**

Cada grupo deverá registrar na tabela a seguir o peso de cada corpo utilizado, a sua distância em relação ao ponto de apoio e o cálculo do torque.

	Corpo 1	Corpo 2
Peso (F)		
Distância (d)		
Torque (M)		

**Registro após a experimentação 1 (parte 2):**

**Agora vamos responder aos questionamentos dados a seguir...**

1. Quais as dificuldades vocês encontraram no desenvolvimento do experimento e dos cálculos?

---



---



---



---



---



---

2. O torque em cada lado é igual ou diferente? Qual a relação vocês poderiam fazer do torque resultante com o estado de equilíbrio da régua?

---

---

---

---

---

## Atividade experimental 2

### Parte 1: Orientações para execução do experimento

- Cada grupo deverá escolher dois corpos de massas identificadas e diferentes.
- Cada grupo deverá posicionar os corpos sobre a régua de maneira que ela fique em equilíbrio no final do processo.
- Após atingir o equilíbrio na horizontal, cada grupo deverá registrar no desenho dado a seguir as posições dos corpos utilizados (identificar pelo número do corpo de prova) e a posição do ponto de apoio.

Faça abaixo a representação das posições dos corpos na barra e represente também o ponto de apoio:

**Atenção:** para a medida da distância, faça a medida contando a partir do centro da base da caixinha.



**Agora que vocês já desenvolveram uma situação de equilíbrio é hora de fazer alguns registros. Respondam às questões dadas a seguir.**

**Registro após a experimentação 1 (parte 1):**

1. Quais as condições para que um corpo fique em equilíbrio?

---



---



---

2. Como a posição e a massa dos objetos influenciam na situação de equilíbrio?

---



---



---



---

3. Quais as dificuldades vocês tiveram para obter o equilíbrio estático da régua?

---



---



---



---

**Parte 2: Desenvolvimento de cálculos**

Agora, a partir do equilíbrio dos corpos obtidos pelo grupo, faça os registros na tabela dada a seguir:

	Ponto de apoio	Corpo 1	Corpo 2
distância (m)			
Massa (Kg)	XXXXXXXXXX		
Peso (N)	XXXXXXXXXX		

**Atenção:**

- ❖ Cuidado com as unidades a serem utilizadas (Sistema Internacional de Unidades).
- ❖ A distância a ser registrada é a medida aproximada do centro da base do corpo de prova até o ponto de apoio da régua.

- ❖ Adote o ponto de apoio como o ponto de medida zero (referência).

**Para cálculo do peso vamos considerar:**

Gravidade local: Aproximadamente  $\rightarrow g=10\text{m/s}^2$

$$P = m \times g$$

**Cálculo do momento de uma força ou torque:**

Definição: Torque ou momento de uma força pode ser definido como uma grandeza vetorial responsável pela facilidade ou dificuldade em girar um corpo ao redor de um ponto de apoio.

O módulo da intensidade do torque é dado por:

$$M = F \times d$$

**Sendo:**

M = Momento de uma força ou torque (Newton x metro)

F = Força (Newton)

d = distância entre o ponto de apoio e a força aplicada (metros)

**Registro do torque para cada corpo utilizado no experimento:**

Cada grupo deverá registrar na tabela a seguir o peso de cada corpo utilizado, a sua distância em relação ao ponto de apoio e o cálculo do torque.

	Corpo 1	Corpo 2
Peso (F)		
Distância (d)		
Torque (M)		

**Registro após a experimentação 1 (parte 2):**

**Agora vamos responder aos questionamentos dados a seguir.**

1. Quais as dificuldades vocês encontraram no desenvolvimento do experimento e dos cálculos?

---

---

---

---

---

---

---

2. O torque em cada lado é igual ou diferente? Qual a relação vocês poderiam fazer do torque resultante com o estado de equilíbrio da régua?

---

---

---

---

---

---

---

Finalmente chegamos ao desafio lançado inicialmente. Será que vocês conseguirão determinar a massa do corpo de prova de “massa secreta”? Este é o desafio do grupo de vocês. Então, reflitam sobre os cálculos e vamos em busca da solução para a questão: Qual é a massa do corpo de prova de “massa secreta”?

### **Atividade experimental 3: Cálculo da massa do corpo desconhecido**

**Desafio: determinar a massa de um corpo de prova sem a utilização de uma balança.**

- Cada grupo deverá escolher dois corpos de prova para fazer o experimento. Um corpo de prova de massa conhecida e o outro de massa desconhecida.
- Utilize as duas régua para realizar a atividade. Procure desenvolver uma situação que permita o cálculo da massa.
- Utilize o espaço dado a seguir para registrar a solução encontrada pelo grupo.



--

**4º Momento: Apresentação e explicação do resultado encontrado pelo grupo.**

**Qual foi a solução encontrada pelo grupo?**

Corpo de prova 6 (massa secreta)	Massa do corpo = _____
-------------------------------------	------------------------

**Expliquem como vocês chegaram nesse resultado:**

---

---

---

---

---

---

**5º Momento: Explicação do professor e alunos monitores.**

**Material a ser utilizado:** balança de precisão.

- ✚ Nesse momento o professor e os alunos monitores farão um apanhado geral das discussões e apresentarão uma síntese do que foi discutido.
  
- ✚ Após uma explanação geral, o professor pedirá aos alunos de cada grupo para medir a massa do corpo desconhecido utilizando a balança de precisão.

**Registre aqui a massa do corpo de prova 6 (Massa secreta):**

Corpo de prova 6	Massa do corpo = _____
------------------	------------------------

**Agora que temos os resultados (massa secreta obtida pelo equilíbrio estático do sólido e massa secreta obtida utilizando a balança de precisão) vocês deverão responder às questões dadas a seguir:**

1. O resultado da massa do corpo medido na balança foi próximo ou igual ao calculado através do experimento?

---

---

---

2. Como vocês justificam esse resultado? (Justificar o motivo pelo qual o experimento deu certo ou errado).

---

---

---

---

---

3. Então, como é possível medir a massa de um corpo sem utilizar uma balança?

---

---

---

---

### **6º Momento: Experimentação 2 – Alavanca – Atividade em grupo**

**Local:** Salão principal do Centro de Ciências da UFJF.

Olá pessoal. Agora é hora de irmos para o salão do Centro de Ciências realizar uma experimentação utilizando a alavanca. Os registros dessa etapa deverão ser feitos na ficha de registro em grupo. Então, vamos iniciar com uma situação problema dada a seguir.

#### **Situação problema:**

A figura a seguir mostra a alavanca presente no salão do Centro de Ciências.



Figura 2: Alavanca

**Material a ser utilizado pelo grupo:**

- balança comum;
- fita métrica ou trena.
- Alavanca presente no salão do Centro de Ciências.

**Descrição da atividade experimental:**

- Cada grupo deverá se deslocar até a alavanca para realizar a seguinte atividade:
- Escolha um integrante do grupo e anote o seu nome, a sua massa e o seu peso na tabela a seguir:

Nome	Massa (Kg)	Peso (N)

**Vamos lembrar que:**

$$P = m \times g$$

$$\text{Sendo } g = 10\text{m/s}^2$$

Observação: para efeito de cálculo podemos utilizar o valor aproximado da gravidade na superfície da Terra  $\rightarrow g = 10\text{m/s}^2$

**1ª Etapa: Sem estender o braço da alavanca:**

Faça as medidas das distâncias utilizando uma fita métrica ou uma trena e registre na tabela:

$d_1$  = distância da cadeirinha até o ponto de apoio.

$d_2$  = distância do ponto de aplicação da força até o ponto de apoio.

Distância ( $d_1$ )	Distância ( $d_2$ )

**Calcule o torque ou momento da força peso (considerando a pessoa em questão) e registre na tabela:**

Força (Peso)	Distância ( $d_1$ )	Momento ( $M = f \times d$ )

**Calcule a força mínima necessária para levantar a pessoa. Para esse cálculo utilize o conceito de equilíbrio estático dos corpos sólidos.**

--

**2ª Etapa: Estenda o braço da alavanca:**

Agora vamos realizar novamente o cálculo, mas esticando o braço de alavanca.

Portanto, faça novamente as medidas e os cálculos que forem necessários.

Registre aqui novamente os dados do integrante escolhido anteriormente.

Nome	Massa (Kg)	Peso (N)

Faça as medidas das distâncias utilizando uma fita métrica ou uma trena e registre na tabela:

$d_1$  = distância da cadeirinha até o ponto de apoio.


$d_2$  = distância do ponto de aplicação da força até o ponto de apoio.

Distância ( $d_1$ )	Distância ( $d_2$ )

Registre na tabela dada a seguir o torque da força peso (considerando a pessoa em questão) que já foi calculado anteriormente.

Força (Peso)	Distância ( $d_1$ )	Momento ( $M = f \times d$ )

Calcule a força mínima necessária para levantar a pessoa. Para esse cálculo utilize o conceito de equilíbrio estático dos corpos sólidos.



### **3ª Etapa: Comparando os resultados**

**Agora vamos fazer uma análise dos resultados.**

Comparem o resultado da 1ª etapa (experimento sem estender o braço da alavanca) com o resultado da 2ª etapa (experimento estendendo o braço da alavanca). A partir desses resultados, responda às questões dadas a seguir.

1. Que diferenças ocorreram de uma situação para outra?

---

---

---

---

---

2. Existe alguma vantagem de uma etapa sobre a outra? Qual seria? Por que ela ocorre?

---

---

---

---

3. A partir da análise realizada, como vocês definem uma alavanca?

---

---

---

---

4. Apresentem exemplos de outras situações em que alavancas poderiam ser utilizadas.

---

---

---

---

### **7º Momento: Análise final – Atividade em grupo**

Chegamos no momento final dessa etapa da sequência didática. Para finalizá-la, não poderíamos deixar de retomar à problematização inicial. Vamos lembrar como foi?

#### **Retomando a problematização inicial**

A situação problema inicial apresentada foi: Como Maria consegue controlar a brincadeira?

Depois da vivência de todos os momentos anteriores, vocês saberiam responder tal questionamento? Vamos pensar um pouco mais no percurso que tivemos para apresentar a resposta final. Pode ser? Então vamos caminhando nesse sentido respondendo cada uma das questões dadas a seguir.

1. À medida que aumentamos a distância entre o ponto de aplicação da força em relação ao ponto de apoio, precisamos aplicar uma força maior ou menor para levantar um determinado objeto? Por quê?

---

---

---

---

---

2. Quais são as forças envolvidas no processo de levantamento do corpo do experimento? Essas forças dificultam ou facilitam o torque? Por quê?

---

---

---

---

---

3. Quanto maior for o peso da pessoa, maior ou menor deverá ser a força aplicada na alavanca para levantá-la?

---

---

---

---

---

**Agora sim vamos apresentar uma análise final para a situação problema inicial. Apresente seus argumentos baseados nas nossas atividades investigativas.**

4. Apresente uma análise final para a situação problema.

Como Maria consegue controlar a brincadeira da gangorra?

---

---

---

---

---



**8º Momento: Autoavaliação – Atividade individual****Aluno(a):** \_\_\_\_\_**Local:** Escola Estadual Presidente Costa e Silva **Data:** \_\_\_\_\_

Estamos chegando ao final da nossa sequência didática sobre “Equilíbrio estático dos corpos sólidos e o princípio de funcionamento de uma alavanca”. Para que possamos fazer uma análise mais detalhada sobre as etapas desenvolvidas, com o objetivo de obter subsídios que favoreçam um (re)planejamento de futuras atividades, gostaríamos de saber um pouco mais sobre a sua opinião. De forma sincera, responda às questões dadas a seguir.

**Conteúdos conceituais:**

1. Compreendeu os conteúdos abordados?

 Sim    Não    Parcialmente

2. Conseguiu relacionar os conteúdos conceituais com a prática?

 Sim    Não    Parcialmente

3. Conseguiu reformular conceitos prévios?

 Sim    Não    Parcialmente

4. Considera a proposta significativa?

 Sim    Não    Parcialmente**Conteúdos procedimentais**

1. Observou com atenção a realização das experiências?

 Sim    Não    Parcialmente

2. Apresentou hipóteses ou questionamentos durante a realização das atividades?

 Sim    Não    Parcialmente

3. Participou da montagem e/ou execução da experiência?

 Sim    Não    Parcialmente

4. Apresentou estratégias de investigação?

 Sim    Não    Parcialmente

5. Fez análises de dados?

 Sim    Não    Parcialmente

**Conteúdos atitudinais:**

1.Prestou atenção nas atividades desenvolvidas?

( )Sim ( )Não ( )Parcialmente

2.Demonstrou respeito pelo professor e pelos colegas de turma?

( )Sim ( )Não ( )Parcialmente

3.Favoreceu o trabalho coletivo da turma durante as atividades?

( )Sim ( )Não ( )Parcialmente

4.Apresentou interesse pelas atividades investigativas desenvolvidas?

( )Sim ( )Não ( )Parcialmente

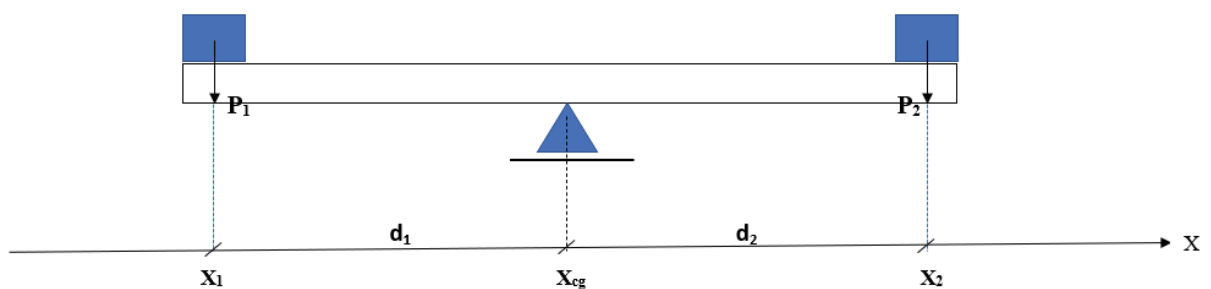
## APÊNDICE B – DEFINIÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE A PARTIR DA LEI DA ALAVANCA

Considere uma haste rígida homogênea que é utilizada como uma balança. Ela é apoiada de maneira que seu centro de gravidade (que coincide com o centro de massa) se localiza sobre o ponto de apoio. Dois corpos de pesos  $P_1$  e  $P_2$  são colocados de lados opostos em relação ao ponto de apoio. Considere  $d_1$  e  $d_2$  as distâncias entre o centro de gravidade de cada um deles em relação ao ponto de apoio. A Lei da alavanca afirma que os corpos permanecerão em equilíbrio ao serem soltos a partir do repouso se for satisfeita a seguinte equação:

$$P_1 d_1 = P_2 d_2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_1}{d_2} = \frac{P_2}{d_1}$$

A experimentação de Arquimedes apresenta a seguinte condição: o centro de gravidade do sistema composto pela alavanca e pelos dois corpos tem de estar localizado ao longo da linha vertical que passa pelo ponto de apoio. A figura dada a seguir mostra a posição dos corpos de prova (corpo de prova 1, posição  $X_1$ ; corpo de prova 2, posição  $X_2$ ) e do centro de gravidade do sistema (posição  $X_{cg}$ ) projetados sobre o eixo-x.

Figura 1 – Balança em equilíbrio estático



Fonte: Arquivo próprio

Assim, temos:

Para o corpo de prova 2:  $d_2 = x_2 - x_{cg}$

Para o corpo de prova 1:  $d_1 = x_1 - x_{cg}$

Considerando a Lei da alavanca, temos:

$$\frac{P_1}{d_2} = \frac{P_2}{d_1}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{x_2 - x_{cg}}{x_{cg} - x_1}$$

$$P_1 \cdot x_{cg} - P_1 \cdot x_1 = P_2 \cdot x_2 - P_2 \cdot x_{cg}$$

$$P_1 \cdot x_{cg} + P_2 \cdot x_{cg} = P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2$$

$$x_{cg} (P_1 + P_2) = P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2$$

$$x_{cg} = \frac{P_1}{P_1 + P_2} \cdot x_1 + \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot x_2$$

Para N corpos de prova teremos:

$$\vec{r}_{cg} = \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{P_T} \vec{r}_i$$

Sendo:

$P_i$  = peso do corpo de prova  $i$

$P_T$  = Peso total do sistema

$\vec{r}_i$  = vetor posição do corpo  $i$  em relação ao ponto de apoio

$\vec{r}_{cg}$  = centro de gravidade de um conjunto de  $N$  corpos de prova

A partir do princípio de funcionamento da alavanca podemos verificar que os pesos dos corpos agem de forma independente entre si, de tal maneira que podemos somar suas contribuições no sentido de fazer a alavanca girar. A equação anterior é, portanto, uma generalização que utiliza o centro de gravidade de um conjunto de  $N$  pontos materiais.

## APÊNDICE C – O PRODUTO EDUCACIONAL

Caro professor, em um mundo cada vez mais globalizado, ampliam-se os espaços que podem contribuir para a construção da chamada alfabetização científica. Os espaços de educação não formal, como o Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, podem e devem cumprir esse papel. Mas, afinal, que contribuições são dadas pelo Centro de Ciências, durante as visitas escolares, para a chamada alfabetização científica? As visitas educacionais realizadas promovem discussões e aprofundamento dos conceitos abordados?

Ao refletir sobre tais questionamentos, fica evidente a necessidade de articulações de práticas pedagógicas que busquem superar as visitas puramente tradicionais / motivacionais e promovam de fato aprendizagens relacionadas aos conceitos científicos.

A pesquisa em questão, a partir dos pressupostos teóricos baseados na Teoria de Desenvolvimento Humano de Vygotsky e no ensino por investigação proposto por Carvalho, apresenta como produto educacional uma sequência didática desenvolvida, no Centro de Ciências da UFJF, com alunos de uma escola pública estadual da cidade de Juiz de Fora. A sugestão é que cada professor possa utilizar o Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora (ou outros espaços de educação não formal) como espaço de desenvolvimento de atividades pedagógicas contínuas (sequência didática) que possam favorecer a alfabetização científica.

Como objetivos a serem considerados na aplicação do produto educacional, destacam-se: identificar os conhecimentos prévios dos alunos a partir de uma situação-problema; desenvolver atividades investigativas no Centro de Ciências da UFJF; possibilitar aos alunos distinguir situações de equilíbrio estático de determinados corpos de prova; discutir com os alunos as condições de equilíbrio estático para determinadas situações; possibilitar ao aluno relacionar situações distintas e de diferentes níveis de conhecimento sobre equilíbrio estático de corpos sólidos; possibilitar ao aluno definir o conceito de torque a partir de atividades práticas investigativas; proporcionar interação entre os alunos durante as atividades desenvolvidas; apresentar possibilidades de aproximação entre as escolas públicas de educação básica e o Centro de Ciências da UFJF; avaliar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais desenvolvidos pelos estudantes a partir das atividades investigativas desenvolvidas; estimular nos estudantes uma postura autônoma, crítica e transformadora; relacionar as atividades investigativas realizadas, no laboratório de Física do Centro de Ciências da UFJF, com o experimento da alavanca presente no salão principal do referido espaço.

A sequência didática apresenta diversos momentos de aplicação de atividades investigativas. A seguir estão descritos os momentos que constituíram a sequência didática: visitas do professor e alunos monitores ao Centro de Ciências da UFJF; primeira visita da turma ao Centro de Ciências da UFJF; capacitação dos alunos monitores; aplicação da sequência didática com os alunos monitores; segunda visita da turma ao Centro de Ciências da UFJF com aplicação de parte da sequência didática; autoavaliação; avaliação utilizando o simulador PhET Colorado.

O início do planejamento do professor deverá ser feito a partir do levantamento dos experimentos disponíveis no Centro de Ciências da UFJF. Sendo assim, o professor deverá definir os assuntos a serem trabalhados de maneira que as atividades elaboradas possam mesclar momentos desenvolvidos tanto na instituição escolar quanto no Centro de Ciências.

Como na maioria das vezes o professor trabalha com turmas de alunos bastante grandes, sugiro que ocorra a utilização de alunos monitores que possam contribuir para a interação social durante a realização das atividades. Além disso, é importante dividir a turma em grupos de no máximo 5 alunos para que todos possam participar ativamente das atividades realizadas.

Para que os alunos monitores possam atuar de forma significativa, é necessário que eles passem por um processo de capacitação. A capacitação poderá ser feita tanto na escola quanto no próprio Centro de Ciências. Como parte da capacitação, o professor poderá desenvolver a sequência didática com os alunos monitores. Dessa forma, a consistência da sequência didática poderá ser aperfeiçoada ao mesmo tempo em que permite que esses monitores se tornem mais capacitados.

A primeira visita ao Centro de Ciências deve ser realizada para que os alunos possam conhecer o espaço e interagir com os experimentos disponibilizados. Os experimentos disponíveis no salão podem ser modificados durante determinada época do ano escolar. Dessa forma, é preciso fazer um levantamento da disponibilidade dos experimentos antes de iniciar o planejamento das atividades.

Dentre os vários experimentos disponibilizados no salão principal do Centro de Ciências, durante o planejamento inicial da sequência didática, estavam: freio magnético, Hovercraft, alavanca, cama de pregos, efeito Magnus, aerodinâmica, janela infinita, periscópio, caleidoscópio, acústica, condutores e isolantes, gerador de Van De Graaf, máquina de Wimshurst.

Em uma segunda visita da turma ao Centro de Ciências, foi realizada parte da sequência didática. Na ocasião, os alunos utilizaram um kit experimental contendo: uma balança de precisão; uma balança comum; duas réguas de madeira de 1m cada; uma trena de 5m; um corpo de prova de massa desconhecida; cinco corpos de prova de massas conhecidas; um caderno de atividades.

Os materiais utilizados no kit são de fácil aquisição. A balança de precisão e a balança comum podem ser encontradas na maioria das lojas de utilitários para residências.

As réguas de madeira são encontradas em algumas papelarias.

As trenas de 5m podem ser compradas em lojas de materiais elétricos ou em lojas de materiais para construção civil.

O corpo de prova de massa desconhecida pode ter um formato igual ou diferente dos outros corpos de prova.

Os corpos de prova de massas conhecidas foram montados com caixas de acrílico com as dimensões: base quadrada de 4,5cm por 4,5cm; altura de 5cm. Tanto a areia colorida como os potinhos de acrílico podem ser encontrados em lojas de utilitários domésticos.

Cada corpo de prova foi preenchido com areia fina colorida. Para que cada corpo de prova pudesse ter a massa especificada, foi utilizada uma balança de precisão.

Foram produzidos para cada grupo de alunos corpos de prova de massas: 50g, 75g, 100g, 125g e 150g. Além disso, cada grupo recebeu um corpo de prova de massa desconhecida.

Por fim, temos o caderno de atividades que pode ser verificado no Apêndice A deste produto educacional.

A seguir temos a apresentação de todas as etapas desenvolvidas na sequência didática. É importante ressaltar que cada professor poderá modificar a sequência didática de acordo com as suas possibilidades e considerando também a realidade do público-alvo.

As etapas desenvolvidas na sequência didática envolveram nove momentos:

**1º Momento: Problematização inicial (apresentação da situação-problema).**

Nesta etapa é apresentada uma situação-problema para os alunos.

**2º Momento: Previsão de respostas – Hipóteses individuais.**

Após a apresentação da situação-problema, os alunos deverão responder alguns questionamentos.



**3º Momento: Descrição das soluções (Experimentação 1).**

Nesta etapa, cada grupo de alunos irá realizar atividades investigativas experimentais no laboratório de Física do Centro de Ciências.

**4º Momento: Discussão das observações, análises e interpretações dos resultados.**

Nesta etapa, os grupos realizam análises das atividades desenvolvidas e buscam apresentar explicações para os resultados obtidos. Além disso, cada grupo deverá fazer os devidos registros no caderno de atividades (Apêndice A) de acordo com a análise realizada.

**5º Momento: Explicação do professor.**

Neste momento, o professor deverá fazer um apanhado geral das discussões e apresentar uma síntese do que foi discutido.

**6º Momento: Experimentação 2.**

Nesta etapa os alunos deverão realizar uma atividade experimental utilizando a alavanca do Centro de Ciências.

**7º Momento: Análise final.**

Após a realização da experimentação, os alunos deverão apresentar os seus resultados. Por fim, o professor deverá fazer uma análise final dos resultados apresentando os possíveis caminhos para solucionar a problematização inicial.

**8º Momento: Autoavaliação.**

Nesta etapa os alunos realizarão individualmente uma autoavaliação.

**9º Momento: Avaliação final.**

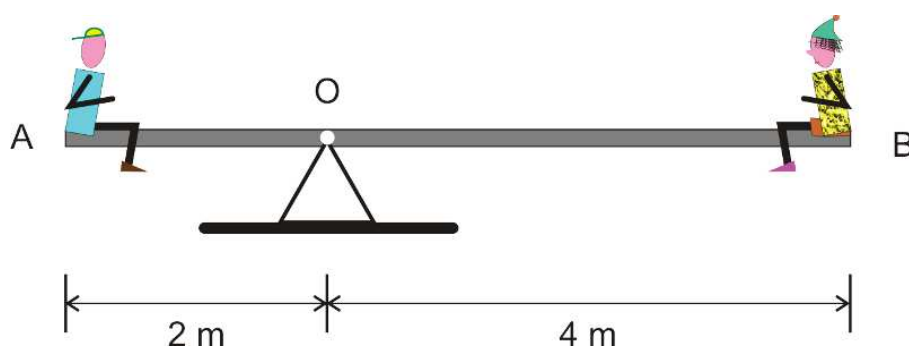
Nesta etapa os alunos realizarão em grupo uma avaliação final utilizando o simulador PhET Colorado.

A seguir será apresentada detalhadamente cada uma das etapas desenvolvidas (momentos) na aplicação da sequência didática.

Os Momentos 1 e 2 da sequência didática apresentam como objetivo a realização de uma avaliação diagnóstica sobre os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos conceitos envolvidos no princípio de funcionamento de uma alavanca. A situação-problema apresentada no Momento 1 foi:

Na década de 1980, eram bastante comuns as brincadeiras de crianças nos quintais e nas ruas próximas das casas onde moravam. O pai de João e Maria, Sr. Otávio, adorava construir os brinquedos para seus filhos. Já havia feito carrinhos de rolimã, piões, tabuleiro de jogo de botão, entre outros. Certo dia, ele resolveu construir uma gangorra. Deixou tudo preparado e faltava apenas fixar a gangorra com uma dobradiça móvel no ponto de apoio O. Enquanto o Sr. Otávio tirava um descanso, João (posição A) e Maria (posição B) apoiaram a tábua de madeira sobre a base de apoio e começaram a brincar.

Figura 1 – João e Maria na gangorra



Fonte: Arquivo próprio

De acordo com a figura anterior, percebemos que João e Maria apoiaram a tábua de madeira de forma não simétrica em relação ao ponto de apoio. Pensando nisso, como será o desenrolar da brincadeira?

Posteriormente, foi pedido para cada aluno responder individualmente às seguintes questões:

1. Alguém controla a brincadeira? Por quê?
2. Existe alguma possibilidade de deixar João ou Maria sem levar vantagem? Qual seria?
3. Você saberia dizer o que é uma alavanca e para que ela serve? Como podemos relacionar a gangorra com uma alavanca?
4. Você sabe dizer o que é momento de uma força ou torque?
5. Como as forças envolvidas influenciam na brincadeira da gangorra? Que forças são essas?

6. João e Maria apresentam distâncias diferentes até o ponto de apoio. Como você modificaria a posição de um deles em relação ao ponto de apoio para que a brincadeira se torne mais viável? Justifique a sua resposta.

As atividades da sequência didática posteriormente desenvolvidas (momentos 2,3,4,5,6 e 7) foram planejadas com o objetivo de promover situações que pudessem favorecer a construção de conceitos científicos.

A ideia é que os conhecimentos prévios dos alunos, levantados a partir dos momentos 1 e 2 da sequência didática, permitiram a realização de análises para se pensar em possíveis mudanças da estrutura funcional da consciência dos alunos. Nos momentos seguintes da sequência didática, foram apresentadas algumas situações com o objetivo de promover um deslocamento do aluno, inicialmente imerso em situações cotidianas e de senso comum, para um modo de pensar reflexivo, conflituoso, que possa promover a alfabetização científica.

A sequência didática desenvolvida busca ampliar os espaços de formação básica dos alunos ao utilizar espaços de educação formal (Instituição escolar) e não formal (Centro de Ciências).

As etapas seguintes da sequência didática (momentos: 3,4,5,6 e 7) ocorreram no Centro de Ciências da UFJF (laboratório de física e salão principal). Essas etapas apresentaram diversas situações sobre equilíbrio estático dos corpos sólidos e também sobre o princípio de funcionamento de uma alavanca.

Os principais objetivos dos referidos momentos da sequência didática, desenvolvidos no Centro de Ciências da UFJF, foram: desenvolver atividades investigativas utilizando o laboratório de Física e o salão principal do Centro de Ciências; possibilitar aos alunos o desenvolvimento de atividades sequenciais de maneira a relacionar teoria e prática; diferenciar situações de equilíbrio estático de corpos de prova; relacionar situações distintas e de diferentes níveis de conhecimento sobre equilíbrio estático dos corpos sólidos; favorecer a aprendizagem de conceitos científicos através das interações entre alunos, monitores e professores; registrar a visita através de filmagens, áudios e fotos; promover a possibilidade de aproximação dos alunos com a UFJF; divulgar o Centro de Ciências como um espaço de aprendizagens que favoreça a alfabetização científica; avaliar os alunos considerando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Especificamente os objetivos das atividades investigativas foram: valorização da interação entre os alunos; promoção de desenvolvimento de conteúdos conceituais,

procedimentais e atitudinais; desenvolver a autonomia dos alunos; possibilitar a experimentação e reformulação de hipóteses; reconhecer e valorizar o erro como parte importante da aprendizagem; desenvolver práticas colaborativas; promover a presença pedagógica, ou seja, o professor e alunos monitores como mediadores do processo de ensino aprendizagem; avaliar a prática pedagógica do professor.

As atividades, realizadas no laboratório de Física, duraram aproximadamente 2 horas e 30 minutos. Nessa etapa, foram desenvolvidas as atividades do “Caderno de atividades” (Apêndice A) chamadas de “Experimentação 1” com os títulos “Atividade experimental 1”, “Atividade experimental 2” e “Atividades experimental 3”.

Cada grupo recebeu, portanto, um caderno intitulado “Sequência didática – Alavancas” contendo as atividades. Nesses cadernos, os alunos puderam desenvolver os cálculos e realizar os registros.

A primeira parte das atividades foi realizada no Laboratório de Física do Centro de Ciências da UFJF. Chamada de atividade experimental 1, apresentou as seguintes orientações para os alunos: nessa atividade, cada grupo deverá escolher dois corpos de massas identificadas e iguais. Utilizando duas réguas de 1m, cada grupo deverá buscar uma situação de equilíbrio horizontal utilizando uma das réguas como apoio. Após atingir o equilíbrio horizontal, cada grupo deverá realizar os cálculos dos momentos de cada força e também do momento resultante. Todos os cálculos e medidas devem ser registrados no caderno de atividades fornecido para cada grupo.

Inicialmente as atividades apresentadas envolveram questões teóricas: quais são as condições para que um corpo fique em equilíbrio; como a posição e a massa dos objetos influenciam na situação de equilíbrio; quais foram as dificuldades que tiveram para obter o equilíbrio estático da régua.

A ideia de se levantar tais questionamentos é que os alunos pudessem perceber quais são as variáveis que irão influenciar no equilíbrio dos corpos.

A segunda e terceira partes das questões relativas à chamada experimentação 1 (atividade experimental 2 e atividade experimental 3) envolveram o desenvolvimento de cálculos. Todos os questionamentos apresentados para os alunos podem ser conferidos no caderno de atividades (Apêndice A).

A atividade experimental 2 apresentou as seguintes orientações: nessa atividade cada grupo deverá escolher dois corpos de massas identificadas e diferentes. Utilizando duas réguas

de 1m, cada grupo deverá buscar uma situação de equilíbrio horizontal utilizando uma das réguas como apoio. Após atingir o equilíbrio horizontal, cada grupo deverá realizar os cálculos dos momentos de cada força e também do momento resultante. Todos os cálculos e medidas devem ser registrados no caderno de atividades fornecido para cada grupo.

A atividade experimental 3 apresentou as seguintes orientações para os alunos: Nessa atividade cada grupo deverá escolher um corpo de prova de massa conhecida e outro corpo de prova de massa desconhecida. Utilizando as duas réguas, cada grupo deverá determinar qual é a massa do corpo de prova de massa desconhecida.

A parte das atividades chamada de “Experimentação 2” ocorreu no salão principal do Centro de Ciências. As orientações dadas para os alunos foram: utilizando a alavanca do salão principal, cada grupo deverá calcular qual é a força mínima necessária para levantar uma pessoa em duas situações distintas. Uma com o braço da alavanca estendido e a outra situação sem estendê-lo.

Na primeira etapa, a atividade foi realizada sem estender o braço da alavanca. Inicialmente foi escolhida uma pessoa para sentar na cadeirinha da alavanca. Os alunos de cada grupo mediram as distâncias em relação ao ponto de apoio e utilizaram o cálculo do momento resultante para determinar a força mínima necessária para levantar a pessoa.

Na segunda etapa, a atividade foi realizada com o braço da alavanca estendido. Os alunos de cada grupo mediram novamente as distâncias em relação ao ponto de apoio e utilizaram o cálculo do momento resultante para determinar a força para levantar a pessoa.

Após a realização dos cálculos, foi pedido para os alunos compararem os resultados obtidos nas duas situações. A primeira com o braço da alavanca encolhido e a segunda com o braço da alavanca esticado. Após essa comparação, cada grupo apresentou as suas análises e resultados.

Por fim, são descritos a seguir o momento 8 (autoavaliação) e o momento 9 (utilização do simulador PhET como ferramenta avaliativa) que foram realizados na instituição escolar. Esses momentos forneceram importantes registros, uma vez que permitiram aos alunos apresentar suas próprias análises das atividades realizadas e retomadas de questões anteriormente discutidas.

A autoavaliação foi realizada na instituição escolar em que os alunos estudam.

Considerado como momento 8 da sequência didática, a autoavaliação procurou prestigiar os diversos conteúdos: conceituais, procedimentais e atitudinais. As questões trabalhadas na autoavaliação podem ser conferidas no caderno de atividades do aluno (Apêndice A).

A autoavaliação dos alunos possibilita apurar detalhes que um professor não conseguiria utilizando apenas instrumentos avaliativos tradicionais. O foco da avaliação aqui desenvolvida é principalmente no aluno e não no conteúdo/professor como no caso de ensinamentos puramente tradicionais.

Como etapa final do processo de avaliação, foi utilizado o simulador PhET descrito posteriormente.

Os simuladores educacionais permitem alterar com facilidade alguns parâmetros físicos envolvidos em determinadas situações cotidianas. Dessa forma, permitem uma maior interação dos alunos com os conceitos abordados.

A utilização dos simuladores virtuais do PhET como recursos didáticos no ensino de Física pode contribuir significativamente para a aprendizagem dos alunos. Ao utilizar esse simulador, permite-se: aumentar a interatividade entre alunos; confrontar os conhecimentos prévios dos alunos com os conceitos científicos; refletir e discutir sobre as possíveis variáveis envolvidas em uma determinada situação-problema; elaborar e analisar hipóteses; verificar resultados; estabelecer relações entre teoria e prática; avaliar o processo e os resultados alcançados.

Como última etapa da sequência didática apresentada (momento 9), a utilização do simulador PhET teve como principal objetivo promover uma avaliação final. Tal avaliação teve enfoque nos conteúdos conceituais desenvolvidos durante as atividades realizadas.

Os simuladores virtuais se dividem em dois grupos de modelos: estáticos ou dinâmicos. Nas simulações estáticas, o aluno não tem controle sobre os parâmetros da simulação. Já nas simulações dinâmicas, os parâmetros podem ser modificados e, conseqüentemente, o aluno consegue verificar de que forma cada variável influencia nos resultados obtidos. De certa forma, pode-se dizer que o simulador “Balancing Act – PhET” se identifica com o modelo dinâmico, porém com algumas limitações.

Na sequência didática utilizamos o simulador “Balancing Act”. A descrição apresentada no simulador diz: “Brinque com objetos em uma gangorra para aprender sobre equilíbrio. Teste o que você aprendeu ao tentar o jogo Desafio do Equilíbrio”.

Os assuntos abordados pelo simulador foram: equilíbrio estático dos corpos sólidos; raciocínio proporcional; torque; braço de alavanca; equilíbrio rotacional.

Como objetivos de aprendizagem, o simulador apresenta: prever como objetos de massas diferentes podem ser usados para equilibrar uma balança; prever como mudar as posições das massas sobre a prancha afetará seu movimento; escrever regras para prever onde a prancha irá inclinar quando objetos forem colocados sobre ela; usar suas regras para resolver quebra-cabeças sobre equilíbrio.

Apesar das possibilidades de se modificar determinados parâmetros, o simulador “Balancing ACT” apresenta limitações. O apoio estabelecido na gangorra não pode ser mudado de posição. Consequentemente não se torna possível simular uma situação para avaliar como o peso da tábua da gangorra irá influenciar no equilíbrio dela quando o apoio não se apresenta centralizado. Para suprir tal limitação, foi proposto para os alunos (Questão 4) analisarem o que aconteceria com a tábua caso o apoio fosse deslocado para um dos lados.

As atividades utilizando o simulador PhET foram desenvolvidas mantendo os mesmos nove grupos das atividades anteriores da sequência didática, sendo um grupo formado pelos quatro alunos monitores. A diferença é que nesse caso os alunos monitores não atuaram como mediadores.

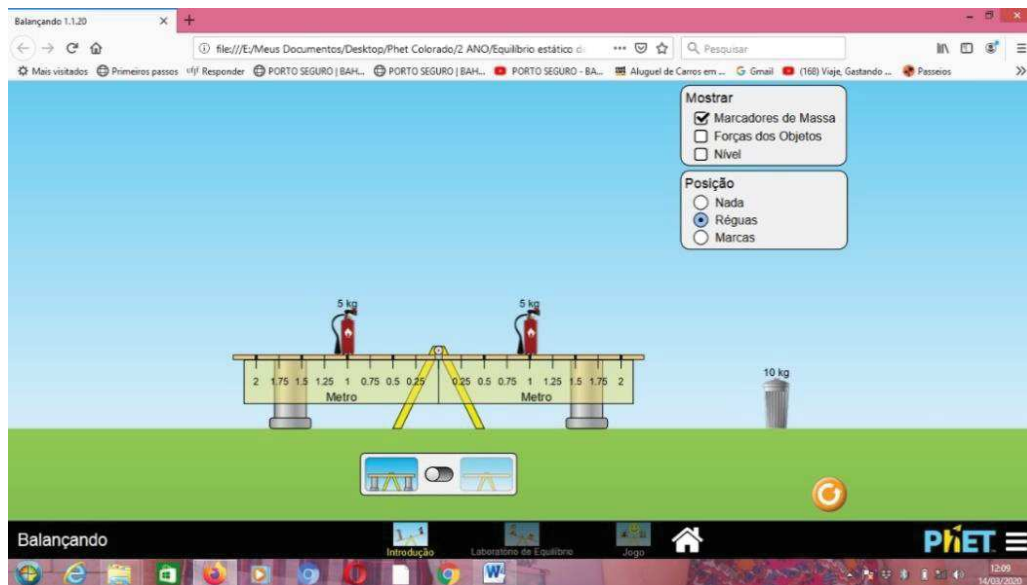
Como já havíamos desenvolvido diversas atividades em que os alunos monitores orientaram os outros grupos, contribuindo para a ampliação do Nível de Desenvolvimento Real e Nível de Desenvolvimento Potencial dos alunos, privilegiou-se nesse momento a interação entre os componentes de cada grupo.

É importante ressaltar que, segundo Vygotsky (2001), os alunos mais experientes contribuem com o aprendizado dos alunos menos experientes durante a interação social. Dessa forma, os alunos se tornam mais capazes de fazer determinadas tarefas sem que haja a necessidade da ajuda de outros.

A seguir é apresentada uma descrição das atividades utilizadas com o simulador.

**Questão 1:** Na figura dada a seguir temos dois cilindros de oxigênio apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos cilindros em relação ao ponto de apoio. Próximos às extremidades da tábua existem dois apoios que podem ser retirados. Então, se esses apoios forem retirados, a tábua permanecerá em equilíbrio na horizontal? Justifique a sua resposta.

Figura 2 – Ilustração da questão 1



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

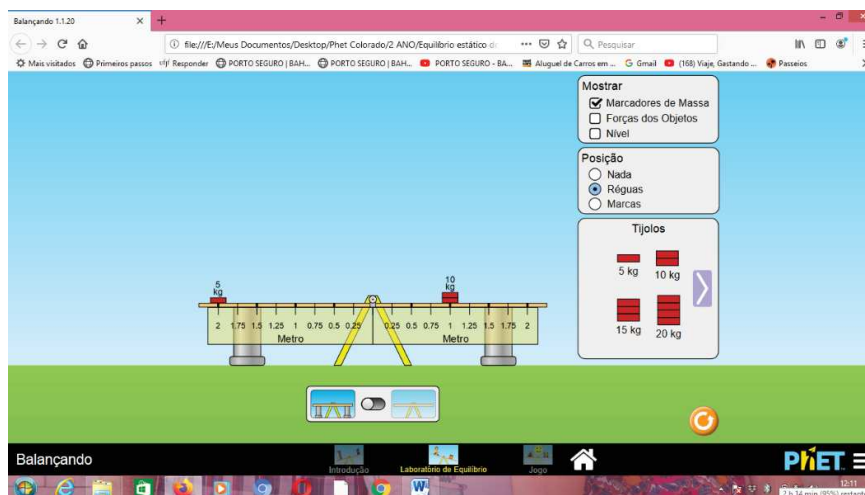
Na questão 1, os cilindros estão localizados à mesma distância em relação ao ponto de apoio da tábua. Trata-se, portanto, de uma situação de baixo grau de dificuldade pelo fato de apresentar uma simetria visual em relação aos pesos e às distâncias dos cilindros em relação ao apoio. Consequentemente o torque gerado pelos cilindros também é simétrico, o que justifica o equilíbrio da tábua. É importante ressaltar que o enfoque dado aos exercícios foi em relação ao cálculo dos momentos gerados pelas forças. Sabemos que o momento resultante nulo é apenas uma das condições para que o objeto permaneça em equilíbrio.

Na questão 2 apresentada a seguir, os objetos (tijolos) se localizam à distância diferente em relação ao ponto de apoio da tábua. Apesar de um aumento do grau de dificuldade dessa questão em relação à questão anterior, de uma forma geral, os alunos mostraram compreensão em relação à situação de equilíbrio estabelecido.

**Questão 2:** A figura dada a seguir mostra que temos alguns tijolos apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos tijolos em relação ao ponto de apoio. Próximos às extremidades da tábua existem dois apoios que podem ser retirados. Então, se esses apoios forem retirados, a tábua permanecerá em equilíbrio na horizontal? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos.



Figura 3 – Ilustração da questão 2

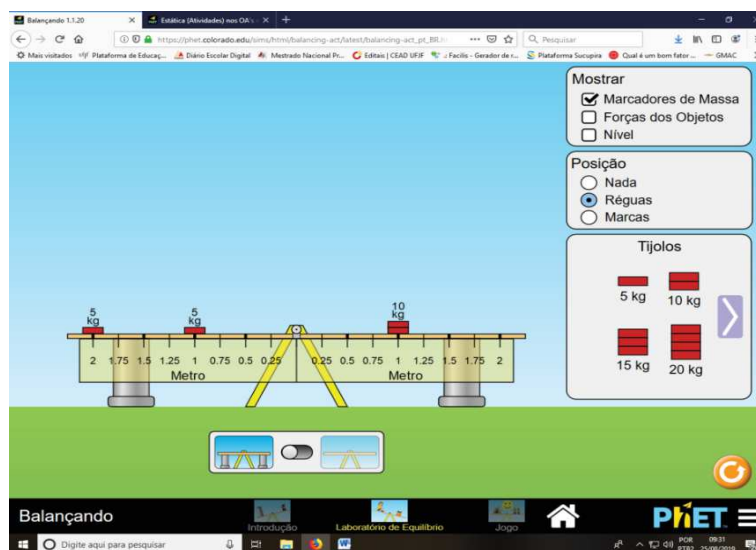


Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

A questão 3 apresentada a seguir, envolve três objetos colocados em posições diferentes, o que aumenta o grau de dificuldade do exercício.

**Questão 3:** A figura dada a seguir mostra que temos alguns tijolos apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos tijolos em relação ao ponto de apoio. Próximos às extremidades da tábua existem dois apoios que podem ser retirados. Então, se esses apoios forem retirados, a tábua permanecerá em equilíbrio na horizontal? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos dos torques.

Figura 4 – Ilustração da questão 3



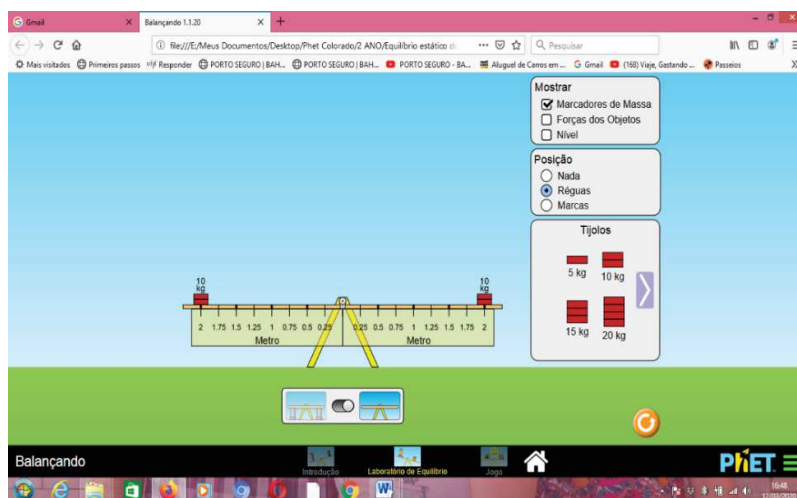
Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

A questão 4 apresentada a seguir aumenta ainda mais o grau de dificuldade. Nessa questão, foi proposto o deslocamento da tábua para o lado direito do apoio. Dessa forma, o peso da tábua não estará mais atuando sobre o ponto de apoio. Conseqüentemente os alunos deverão considerar o torque gerado pelo peso da tábua para calcular o torque resultante.

**Questão 4:** A figura dada a seguir mostra que temos alguns tijolos apoiados sobre uma tábua de madeira. A régua mostra a posição dos tijolos em relação ao ponto de apoio. Pode-se observar que a tábua está em equilíbrio na posição horizontal. Considere que a tábua será deslocada 50 cm para o lado direito do apoio. Sabendo que a tábua tem massa igual a 5 kg e que a gravidade local é de  $10\text{m/s}^2$ , responda:

- A tábua irá girar no sentido horário ou anti-horário? Por quê?
- Calcule todos os momentos atuantes na tábua que comprovem a resposta anterior.

Figura 5 – Ilustração da questão 4

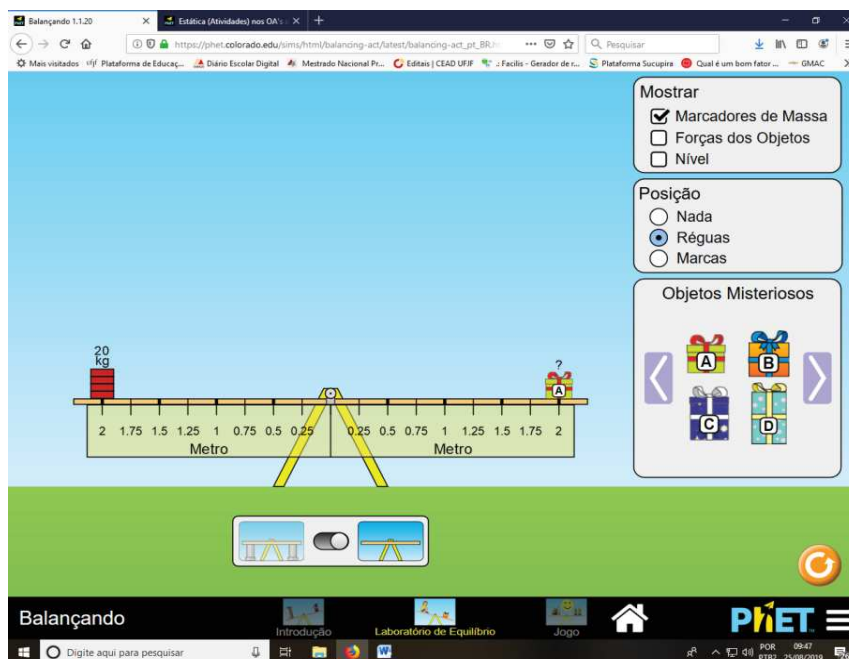


Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

A questão 5 apresentada a seguir apresentou duas situações. Na situação 1, os alunos tiveram como desafio determinar a massa do objeto A e justificar a resposta. Na situação 2, aumentamos o grau de dificuldade. Do lado esquerdo do ponto de apoio, colocamos dois corpos de 5 kg em posições diferentes. Do lado direito do ponto de apoio, colocamos um objeto de massa desconhecida. Como desafio, os alunos deveriam determinar a massa do corpo de prova e justificar a resposta.

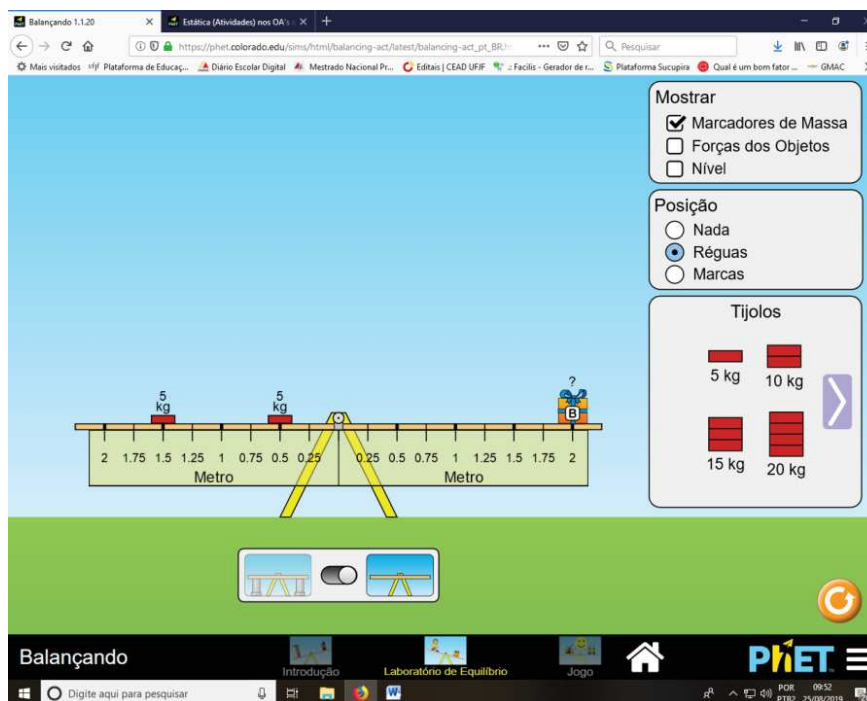
**Questão 5 – situações 1 e 2: Jogo da gangorra: descubra a massa secreta do corpo**

Figura 6 – Ilustração da questão 5 (situação 1)



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)

Figura 7 – Ilustração da questão 5 (situação 2)



Fonte: Arquivo próprio (Simulador PhET)