

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**OSNI DANIEL DE ALMEIDA**

***EQUILIBRIUM: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL E CONTEXTUALIZADA DO  
CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS***

**PONTA GROSSA  
2020**

**OSNI DANIEL DE ALMEIDA**

***EQUILIBRIUM: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL E CONTEXTUALIZADA DO  
CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade.

**PONTA GROSSA  
2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Almeida, Osni Daniel de

A447 *Equilibrium: uma abordagem experimental e contextualizada do conceito de equilíbrio dos corpos* / Osni Daniel de Almeida. Ponta Grossa, 2020.  
101 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade.

1. Equilíbrio. 2. Cognitivismo. 3. Lúdico. 4. Aprendizagem significativa. I. Andrade, André Vitor Chaves de. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta  
Grossa - PR - <https://uepg.br>

## TERMO

### TERMO DE APROVAÇÃO OSNI DANIEL DE ALMEIDA EQUILIBRIUM: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL E CONTEXTUALIZADA DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós Graduação Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:  
Ponta Grossa, 29 de Abril de 2020.

Membros da Banca:

Dr. André Vitor Chaves de Andrade - (UEPG) – Presidente

Dr. André Maurício Brinatti - (UEPG)

Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos- (UNICENTRO)



Documento assinado eletronicamente por **Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos, Usuário Externo**, em 29/04/2020, às 13:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Vitor Chaves de Andrade, Professor(a)**, em 29/04/2020, às 13:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Mauricio Brinatti, Professor(a)**, em 29/04/2020, às 14:09, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida Telles, Secretário(a)**, em 29/04/2020, às 18:55, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0208384** e o código CRC **5F5E7317**.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois minha fé me guia, me dá esperança e me torna um homem melhor a cada dia que passa.

À toda minha família por ter me apoiado, me dado a oportunidade de estudar em momentos difíceis e com recursos escassos.

Ao meu orientador por toda experiência, sabedoria e conhecimentos que me passou. Toda a paciência, ideias, profissionalismo e apoio que me deu durante o período de estudos.

Ao Colégio e Faculdade Sant'Ana por ter aberto as portas para mim, para o meu trabalho, para o meu projeto, e por ter me incluído nessa família linda, que só tende a crescer.

À instituição de ensino UEPG por ter mais uma vez aberto as portas a mim e por fazer a diferença na sociedade, com ótimos funcionários, professores competentes e uma estrutura de ensino que permite uma qualidade de ensino impecável.

Aos meus colegas de turma, por todo apoio, todos os conselhos, todo o conhecimento, pelos momentos felizes e difíceis que passamos ao longo desses dois anos.

À CAPES, que mesmo em momentos difíceis e de pouco recursos, tem feito seu papel importante no auxílio a pesquisadores e desenvolvendo a Ciência no Brasil.

À sociedade Brasileira de física por ter me aceito e por tudo que vem fazendo pela ciência e pela Física em nosso país.

“O senso comum e a ciência são expressões da mesma necessidade básica, a necessidade de compreender o mundo, a fim de viver melhor e sobreviver. E para aqueles que teriam a tendência de achar que o senso comum é inferior à ciência, eu só gostaria de lembrar que, por dezenas de milhares de anos, os homens sobreviveram sem coisa alguma que se assemelhasse à nossa ciência.” (Rubem Alves)

## RESUMO

O ensino de ciências é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, promove uma nova visão de mundo e oferece novas possibilidades de bem-estar social. Além disso, o conhecimento científico desenvolve nos educandos competências e habilidades únicas, que servirão para o resto de suas vidas. Aprender a Ciência e os seus métodos não é tarefa fácil, no entanto, pode ser muito prazeroso, ainda mais se for de forma lúdica. Busca-se aplicar uma sequência didática com que permita a mudança de uma aula ao estilo tradicional, que é aquele que se apresenta com muita teoria e poucas oportunidades de participação ativa do estudante no processo de aprendizagem, para um estilo mais ativo e dialógico, através de experimentações e a contextualização do conteúdo formal com situações do cotidiano. Na Física, um bom exemplo disso é o ensino do conteúdo equilíbrio dos corpos, que faz parte dos conteúdos curriculares propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais. Este conceito, na maioria das vezes, é tratado de maneira descontextualizada e sem a oportunidade de situações de ensino que conduzam a uma aprendizagem significativa, tendo este trabalho o objetivo de Planejar, executar e avaliar uma unidade de ensino potencialmente significativa com esta temática. Essa situação de ensino não contextualizada, foi revertida através de uma situação de ensino que oferece aos alunos a possibilidade de problematização do tema a ser estudado, organização do conhecimento e aplicação dos conceitos trabalhados, baseando-se em uma aprendizagem significativa proposta por David Ausubel.

Palavras-chaves: Equilíbrio; Cognitivismo; lúdico; aprendizagem significativa.

## ABSTRACT

Science education is fundamental to the development of a society, promotes a new world view and offers new possibilities for social welfare. Furthermore, scientific knowledge develops in the students unique skills and abilities that will serve for the rest of their lives. Learning science and its methods is not an easy task, however, it can be very enjoyable, even more so if it is in a playful way. The aim is to apply a didactic sequence with which to change a class to the traditional style, which is one that presents itself with a lot of theory and few opportunities for active student participation in the learning process, to a more active and dialogical style, through experimentation and the contextualization of formal content with everyday situations. In Physics, a good example of this is the teaching of the balance content of the bodies, which is part of the curricular contents proposed by the Parâmetros Curriculares Nacionais. This concept, most of the time, is treated in a decontextualized way and without the opportunity of teaching situations that lead to significant learning, having this work the objective of Planning, executing and evaluating a potentially significant teaching unit with this theme. This situation of teaching not contextualized, was reversed through a teaching situation that offered students the possibility of problematization of the subject to be studied, organization of knowledge and application of the concepts worked, based on a significant learning proposed by David Ausubel.

**Keywords:** Equilibrium; Cognitivism; Playful; Meaningful learning.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01: A indicação do centro de massa.....                                          | 36 |
| Figura 02: Indicação do cg do anel.....                                                 | 38 |
| Figura 03: Um edifício com 1.000m de altura.....                                        | 40 |
| Figura 04: Boneco João-bobo.....                                                        | 41 |
| Figura 05: Indicação do CG e CM de um boneco João-Bobo.....                             | 42 |
| Figura 06: O CG de um veículo.....                                                      | 43 |
| Figura 07: Ação do CG em veículo inclinado.....                                         | 44 |
| Figura 08: Relatório de acertos e erros fornecido pela Plataforma <i>Plickers</i> ..... | 56 |
| Figura 9: Atividade em que ocorreu o engano de programação da resposta correta.....     | 57 |
| Figura 10: Relatório gerado pelo aplicativo, com respostas erradas.....                 | 57 |
| Figura 11: Situação problema envolvendo as condições de equilíbrio.....                 | 58 |
| Figura 12: Problema envolvendo níveis mais complexos de pensamento.....                 | 58 |
| Figura 13: Confusão entre a fórmula do momento de uma força e a fórmula da força.....   | 59 |
| Figura 14: Pergunta que não ficou bem esclarecida por um grupo.....                     | 59 |

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fotografia 1 – Aplicação da UEPS <i>Equilibrium</i> .....                                                                                                                    | 46 |
| Fotografia 2 – Significado das cores dos quadros: amarelo significa muito importante; rosa significa importância média e quadro branco significa importância quase nula..... | 47 |
| Fotografia 3 - Mapa mental criado por um estudante.....                                                                                                                      | 48 |
| Fotografia 4 - Bonecos João-bobo diferentes.....                                                                                                                             | 49 |
| Fotografia 5 - Apontando o motivo das diferentes posições de equilíbrio.....                                                                                                 | 50 |
| Fotografia 6 - Atividade apresentada na multimídia.....                                                                                                                      | 51 |
| Fotografia 7 - Alunos manipulando o experimento sobre ângulo de tombamento.....                                                                                              | 52 |
| Fotografia 8 - Manipulando o experimento sobre ângulo de tombamento.....                                                                                                     | 53 |
| Fotografia 9 - Alunos assistindo ao vídeo inicial.....                                                                                                                       | 54 |
| Fotografia 10 - Jogo de perguntas e respostas.....                                                                                                                           | 55 |
| Fotografia 11 - Alunos mostrando os cartões respostas.....                                                                                                                   | 55 |
| Fotografia 12 - Mapa mental criado e escrito pela turma.....                                                                                                                 | 60 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CG – Centro de Gravidade.

CM – Centro de Massa.

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

MM – Mapas Mentais.

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa.

## SUMÁRIO

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                                                            | 11 |
| 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA                                                                       | 11 |
| 1.2 JUSTIFICATIVAS DA ESCOLHA DO TEMA EQUILÍBRIO                                               | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS                                                                                  | 17 |
| 1.3.1 Geral                                                                                    | 17 |
| 1.3.2 Específicos                                                                              | 17 |
| 1.4 PROBLEMA A SER SOLUCIONADO                                                                 | 17 |
| 1.5 HIPÓTESES PARA A SOLUÇÃO                                                                   | 18 |
| <b>2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SUAS METODOLOGIAS</b>                                      | 20 |
| 2.1 MAPAS MENTAIS E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA                                               | 24 |
| 2.2 METODOLOGIAS DE ENSINO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA                                   | 25 |
| <b>3. CAMPO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO</b>                                                        | 28 |
| <b>4. METODOLOGIA DE TRABALHO: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b>                                        | 30 |
| 4.1 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA:<br>EQUILÍBRIO E DESEQUILÍBRIO DOS CORPOS | 30 |
| 4.2 MÉTODO DE TRABALHO                                                                         | 33 |
| <b>5. CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS.</b>                                                   | 36 |
| 5.1 O CENTRO DE MASSA E O CENTRO DE GRAVIDADE                                                  | 36 |
| 5.2 O TORQUE                                                                                   | 44 |
| <b>6 A APLICAÇÃO DO PRODUTO E OS RESULTADOS OBTIDOS</b>                                        | 46 |
| 6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS                                                           | 61 |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                                                                  | 62 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                                                             | 64 |
| <b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL</b>                                                        | 67 |

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O homem deve conhecer o mundo no qual ele vive, pois, conhecendo os fenômenos naturais com um olhar científico, pode compreendê-los e utilizar em função disso, agentes facilitadores das suas reflexões e ações.

Os alunos, como membros ativos da sociedade em que vivem, devem estar preparados para dar respostas ao mundo tecnológico e político no qual estão inseridos. Assim, o docente deve ensinar o conteúdo de ciências com o objetivo de aguçar a curiosidade dos educandos, de propiciar oportunidades para que eles questionem o mundo e a si mesmos, de entenderem como as coisas funcionam, para que assim, de maneira consciente, possam intervir nas suas realidades e, de modo crítico, a aperfeiçoarem de maneira solidária.

Na obra de Brasil (2015), o desenvolvimento dos conceitos relacionados aos fenômenos das Ciências da Natureza surge também a partir da curiosidade presente na infância, que através de diferentes métodos de descoberta, faz com que as crianças descubram a si mesmo e também o ambiente que estão inseridas. Uma necessidade indiscutível para o desenvolvimento sustentável da humanidade é o conhecimento destas ciências, como a Física, a Química e a Biologia entre outras

E é na Física, através dos seus fundamentos, conceitos, definições e aplicações, que o aluno encontrará parte das ferramentas necessárias para compreender o mundo da ciência e da tecnologia sem, no entanto, deixar de lado o caráter interdisciplinar e transdisciplinar com outros ramos do conhecimento.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado. (BRASIL, 2002, p.2).

Assim a Física deixa de ser algo desconectado do mundo, algo que não passa de um amontoado de fórmulas que servem apenas para resolver os problemas

apresentados em algum livro texto ou ainda, para prepará-los para o ingresso em cursos superiores.

E esse sentido emerge na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, 2002, p.4).

Documentos educacionais propõem que o ensino de física deve ser feito de maneira clara e contextualizada aos educandos, criticando a física enciclopédica onde não há uma real aprendizagem, apenas uma memorização de fórmulas e conceitos.

Brasil (2015) compreende que, é a partir da estimulação, ainda na infância, que as crianças e adolescentes aprendem a compreender e a se fascinar pela ciência com um conhecimento do mundo ao seu redor. O ensino de Física torna-se transformador, o conhecimento de forma básica não os torna especialistas das ciências da natureza, mas é a partir do olhar científico que o conhecimento puramente matemático e sem utilização prática por parte dos educados é transformado.

O educando não deve ser considerado como apenas uma máquina de resolver fórmulas e problemas matemáticos, e sim compreender aquilo que está sendo mostrado a ele. Acima de saber resolver um problema apenas de caráter matemático, é necessário que o educando compreenda a importância de estabelecer a relação entre a ciência matemática e a Física para a percepção do fenômeno físico que está sendo trabalhado, o qual tem uma importância muito maior dentro do ensino de ciências.

Em muitas circunstâncias, a Física é ensinada através de fórmulas que descrevem determinado fenômeno. Não se questiona a origem delas que passam a ter uma existência per se. Não se informa que as fórmulas são a representação de modelos que foram criados para se entender determinado evento. Esses modelos têm uma região de validade e, além dessa região, eles perdem o sentido, deixam de ser válido. (TAVARES, 2004, p. 57).

Nesse sentido, o estudante deve ser preparado para ler, interpretar e agir sobre os problemas do dia a dia utilizando de suas habilidades e competências desenvolvidas a partir do conhecimento científico. Além disso, deve dar ao estudante as habilidades e competência necessárias para lidar tanto com as questões presentes, quanto as futuras. Estas competências devem estar ligadas à investigação e compreensão dos fenômenos físicos, utilização linguagem física e de sua

comunicação e que estejam relacionadas com a contextualização histórico e social (ibidem, p. 59). A construção dessas competências passa pela reestruturação da organização dos conteúdos.

A sequência didática de Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo é substituída pelos temas estruturadores Movimentos: variações e conservações; Calor, ambiente e usos de energia; Som, imagem e informação; Equipamentos elétricos e telecomunicações; Matéria e radiação e Universo, Terra e Vida (ibidem, p. 66).

O tema Equilíbrios e desequilíbrios é uma das unidades temáticas presente no tema estruturador Movimentos: variações e conservações. Nessa unidade o aluno deve ser levado a situações naturais ou a artefatos tecnológicos para distinguir situações de equilíbrio e de não-equilíbrio e investigar as condições necessárias para a manutenção do equilíbrio (ibidem, p 69.).

O conceito de equilíbrio dos corpos está presente em nosso cotidiano, desde o momento em que uma nova vida começa a dar os primeiros passos até nos mais modernos projetos aerodinâmicos de um carro de corrida. Nota-se a importância de se tratar tal assunto, Assis e De Matos Ravanelli (2008), já discutiam que isto é um dos pilares da mecânica clássica, pois o equilíbrio dos corpos é amplamente utilizado na rotina de qualquer ser, nas tarefas e sustentações básicas da natureza, abrangendo corpos de seres vivos ou materiais.

Todavia, o conceito de equilíbrio dos corpos, em algumas situações é tratado de forma rápida ou apenas matemática, tendo uma baixa relevância. Deixando-se de lado a demonstração do fenômeno físico de forma material.

O ensino lúdico, através de uma representação que permita que o imaginável se materialize no pensamento dos educandos, permite com quem a conceituação de equilíbrio possa modificar os subsunçores dos educandos.

O centro de gravidade é mencionado em quase todos os livros de mecânica do ensino médio e do ensino universitário. Mas nem sempre há uma definição clara deste conceito. Muitas vezes não se apresenta nenhum procedimento experimental sobre como localizar na prática este ponto para um corpo rígido. (ASSIS; RAVANELLI, 2008, p. 1).

Assim como no trabalho de Assis e De Matos Ravanelli (2008), é necessário realizar uma análise de como o tema equilíbrio e desequilíbrio dos corpos é abordado em alguns didáticos.

Após a análise de alguns livros de Física para o ensino médio, todos com diferentes perfis de metodologia, como uma apostila preparatória para o vestibular, um livro de física de volume único para alunos do ensino médio e um livro de primeiro ano do ensino médio regular, constata-se que a abordagem do conceito de equilíbrio é feita a partir de uma definição simples, resumida e descontextualizada sobre o CM e CG.

A formulação matemática sobre os conceitos de CM e CG é apresentada aos alunos por meio de exercícios de forma muito abstrata, resumindo-se a resolução de equações cujos resultados são apenas números acompanhados de unidade, portanto, sem o devido significado fenomenológico. Não há contextualização, não há discussão da natureza dos eventos que levam a essas abstrações. Dessa forma, um planejamento bem elaborado é a questão chave para superar essas dificuldades. Uma das formas de introduzir temas como este é colocar elementos lúdicos nas ações da sala de aula, de modo a favorecer a conexão entre o fenômeno e o abstrato num primeiro momento.

O conteúdo relacionado ao CM e CG encontra exemplos do cotidiano que são fáceis de serem abordados em sala de aula, despertando a curiosidade e o interesse dos alunos pelo tema, pois suas próprias experiências podem contribuir para que a aprendizagem tenha significado. Tavares (2007) justifica isso, com a seguinte afirmação:

A existência de grande número de conexões entre os conceitos revela a familiaridade do autor com o tema considerado. Mesmo que ele não tenha feito a escolha dos conceitos a serem mapeados, ele conseguirá perceber as relações entre eles se tiver algum domínio sobre o tema. (TAVARES, 2007, p. 78).

O ensino lúdico é uma metodologia que se diferencia de algumas outras maneiras de conduzir uma aula. Divertir-se ao aprender é de grande valia quando se busca atrair a atenção dos educandos em um ambiente de descontração. Porém, sem ficar preso somente ao lúdico e ao divertido, mas, sim, seguido de aprendizagem significativa do conteúdo que deve evoluir para a abstração.

Cabrera (2006), entende que a metodologia deve ser pensada a partir do aluno, visando uma aprendizagem concreta e uma destas ferramentas metodológicas é a ludicidade. Para a autora:

As atividades de natureza lúdica como, recurso espontâneo e criativo no processo de construção do conhecimento, estimularam a exteriorização da emoção e do envolvimento, situações inerentes e subjacentes à ludicidade.

O ensino pautado nos pressupostos do desenvolvimento cognitivo contemplou o lúdico no rol do planejamento das estratégias instrucionais, porque com ele e por meio dele foi possível ao adolescente exercitar e desenvolver habilidades intelectuais que contribuíram para o processo da aprendizagem. (CABRERA, 2006, p. 131).

Embora presentes no cotidiano, as questões relacionadas aos conceitos de equilíbrio estático e dinâmico não são apresentadas de modo que o aluno tenha a oportunidade de observar, problematizar e investigar as situações do dia a dia. Perde-se, assim, a oportunidade de dar significado a esta unidade temática.

O conteúdo a ser apresentado neste trabalho será o da unidade temática equilíbrio e desequilíbrio. Especificadamente, serão trabalhados os conceitos de centro de massa e centro de gravidade, ângulo de tombamento e momento de uma força, voltados a aplicações simples e comumente observadas no cotidiano dos alunos.

O conceito de equilíbrio dos corpos, apesar de aparentemente ser simples de compreendê-lo, necessita de uma compreensão de conceitos de mecânica clássica um pouco mais avançada. Porém, dentro dos padrões da educação básica.

A compreensão de um conceito físico é uma tarefa árdua. Entretanto, ao trabalhar em etapas, torna-se mais acessível aos alunos, sendo assim, compreender as etapas ou o sistema de funcionamento de um fenômeno físico, é muito importante para a formação intelectual do aluno.

Para fixar os conceitos e dar suporte aos educandos na compreensão do conceito de equilíbrio dos corpos, a unidade de ensino potencialmente significativa proposta neste trabalho será denominada *Equilibrium*. Será dada ênfase aos conceitos de centro de massa e centro de gravidade, encerrando a unidade com aplicações práticas do conceito de momento de uma força (torque)". É nesse contexto que se apresenta a concepção que nos é oferecida por Novak. O grande mérito da aprendizagem significativa é substituir a aprendizagem mecânica por outra, aquela que ofereça uma melhor organização do conhecimento.

Não é fácil ajudar alunos que estejam habituados a uma aprendizagem mecânica a trocá-la por práticas de aprendizagem significativa. Embora mapas conceituais possam ajudar, também é preciso ensinar a eles algo sobre os mecanismos do cérebro e a organização do conhecimento em conjunto com a utilização dos mapas. (NOVAK, 2010, p. 14).

Ao executar uma prática docente a partir de uma UEPS, é possível fornecer aos educandos uma visão que possibilita uma melhor compreensão a respeito do

conceito de estática dos corpos rígidos. A abordagem conceitual, acompanhada das aplicações reais nas mais diversas situações do cotidiano, promove situações de uma aprendizagem com mais significado para eles, abandonando, definitivamente, o caráter puramente mecânico da abordagem tradicional.

No entanto, destacamos que consideramos importante o desenvolvimento, em etapa posterior, do formalismo matemático necessário para a plena compreensão e aplicação da Física do equilíbrio, pois é isto que se espera dessa etapa da educação básica.

## 1.2. JUSTIFICATIVAS DA ESCOLHA DO TEMA EQUILÍBRIO

A tarefa árdua da docência se torna gratificante ao verificar que todo o esforço converge para a aprendizagem do educando. A função do professor é a de atuar em sala de aula mais como um mediador, ao invés de “transmissor de conhecimento”, e o perfil de educador que esse cenário da educação atual procura, é de um pesquisador da própria prática e da didática dentro da sala de aula, priorizando o ensino de Física que tenha como objetivo a aprendizagem significativa.

A Física, que envolve situações de equilíbrio e não-equilíbrio, é apresentada de uma maneira a qual não despertar o interesse em aprender por parte dos estudantes devido a sua conceituação simples e com poucas aplicações a situações do cotidiano, além de uma formulação matemática complexa e abstrata. Tendo assim, pouco significado aos estudantes.

O conceito de equilíbrio e não-equilíbrio, ao ser tratado de maneira contextualizada, torna-se algo interessante e útil ao educando, pois o equilíbrio é algo natural em seu cotidiano.

Desse modo, aulas experimentais sobre esta unidade temática podem auxiliar o aluno na compreensão de problemas físicos do cotidiano. É a partir do conhecimento científico e da investigação a respeito de um tema, de uma maneira simples, que será possível reproduzir discursos científicos mais complexos e abstratos.

Assim, este trabalho é justificado pela proposta de ruptura com o modo tradicional de se ensinar o tema Equilíbrio, promovendo, assim, uma aprendizagem rica em significados para os alunos.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1 Geral

Planejar, executar e avaliar uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), envolvendo a unidade temática equilíbrio e não-equilíbrio proposta no PCN+ Física.

#### 1.3.2. Específicos

Analisar os conceitos prévios dos estudantes sobre situações de equilíbrio e não-equilíbrio utilizando questionamentos sobre o funcionamento do brinquedo “João Bobo” modificado.

Interpretar situações experimentais e vídeos que tratam de situações de equilíbrio e não-equilíbrio.

Aplicar os conceitos de centro de massa e centro de gravidade em situações experimentais envolvendo tombamento de veículos e favorecer o processo de abstração matemática a partir das discussões experimentais e conceituais realizadas.

Avaliar os processos de aprendizagem significativa através da análise de mapas mentais (MM) criados pelos alunos, resolução de situações problemas e a análise de respostas em questionamentos propostos durante as aulas.

### 1.4. PROBLEMAS A SEREM SOLUCIONADOS

No sentido de formar o cidadão solidário com competências e habilidades que o auxiliem na interpretação do mundo e o capacitem a contribuir com a sua sociedade, o ensino das Ciências da Natureza ganha importância quando se vive imerso no contexto onde a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente estão presentes.

É necessário criar uma sociedade pensante. O ser humano é adepto ao comodismo, possui a tendência em procurar o caminho mais fácil e prefere utilizar respostas prontas ao invés de encontrar uma maneira de solucionar alguns dos seus problemas.

Não pensamos. Obedecemos. Não precisamos pensar, porque acreditamos que há indivíduos especializados e competentes em pensar. Pagamos para que eles pensem por nós. E depois ainda dizem por aí que vivemos em uma civilização científica. (ALVES, 1981, p. 8).

As situações do cotidiano que envolvem equilíbrio e não-equilíbrio são inúmeras, mas passam despercebidas aos olhos daqueles que não possuem conhecimento científico. Então, com a proposta de um novo olhar sobre esta questão que envolve a Física e o cotidiano, é lançado o seguinte questionamento:

"Quais são os indicativos de aprendizagem significativa proporcionados pela aplicação de uma UEPS sobre equilíbrio?" E por que a aprendizagem significativa pode nos ajudar a responder tais questões?

Segundo Moreira (2011, p. 2): "Só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos."

### 1.5. HIPÓTESES PARA A SOLUÇÃO

A educação contextualizada torna objetos simples, que estão presentes no dia a dia dos educandos, em agentes facilitadores da aprendizagem significativa. A utilização de um brinquedo, para explicar o conceito de equilíbrio de um corpo, pode ser rica em termos de aprendizagem, basta que o professor explore o conhecimento que existe nesse objeto e auxilie o aluno a dar significado a ele.

É na observação e na experimentação de hipóteses lançadas sobre o funcionamento desses objetos que o processo dialógico, assim como descrito por Moreira (2011), se faz acontecer. É a partir da discussão, da contextualização e da aplicação daquele conhecimento que a aprendizagem significativa ocorre.

A busca por respostas é a mola mestra para a aprendizagem em Ciências, uma vez que o aluno se sente motivado a entender mais e mais. Segundo Richard Feynman, "O princípio da ciência, quase sua definição, é o seguinte: o teste de todo o conhecimento é o experimento. O experimento é o único juiz da verdade científica". (FEYNMAN, 2008, p. 37) (i) O processo dialógico proposto pela análise de um brinquedo (João Bobo) é um organizador prévio para a formulação de conceitos sobre equilíbrio e não equilíbrio. (ii) Atividades experimentais sobre equilíbrio facilitam a aprendizagem significativa dessa unidade temática. (iii) A abstração dos conceitos e definições sobre equilíbrio se dará pela aprendizagem do formalismo matemático envolvido em algumas situações teóricas e experimentais simples. (iv) A

aprendizagem significativa possuirá instrumentos de análise como MM produzidos pelos alunos, resolução de situações problemas e análise de respostas a respeito do conceito estudado pelos educandos durante as aulas.

## 2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SUAS METODOLOGIAS

Segundo Moreira (2011), A teoria cognitivista de David Ausubel, assim como outras teorias de ensino, se preocupa com a real aprendizagem dos alunos, não somente no processo, e só há a aprendizagem, quando o educando consegue interpretar as situações e aplicar os conhecimentos aprendidos.

Baseando-se no modo que o sujeito assimila os conceitos aprendidos, Novak (2011), entende que:

A ideia fundamental na psicologia cognitiva de Ausubel é que a aprendizagem se dá por meio da assimilação de novos conceitos e proposições dentro de conceitos preexistentes e sistemas proposicionais já possuídos pelo aprendiz. Essa estrutura de conhecimento de um determinado aprendiz é também chamada de estrutura cognitiva do indivíduo. (NOVAK, 2010, p. 11).

Pfromm (1987) afirma que o conteúdo apresentado aos alunos deve possuir um caráter revelador, relacionando de maneira consistente, não abstrata ou arbitrária. Conceitos mostrados de forma complexa e sem nenhuma aplicação efetiva na vida dos educandos não se torna atrativo aos mesmos.

O conhecimento novo não deve ser algo abstrato ao educando. A situação de um educador impor conceitos sem relevância aos seus discentes, exigir a aprendizagem imediata de conceitos inéditos e fúteis a eles, não cria uma aprendizagem significativa, apenas seres programáveis para repetição e, logo após, para o esquecimento.

Outro avanço importante em nossa compreensão da aprendizagem é que a memória humana não é um simples “recipiente” a ser preenchido, mas antes uma trama complexa de sistemas de memória interligados. (NOVAK, 2010, p. 12).

É necessário que o educador possibilite que seus discentes possam aprender verdadeiramente, que descubram significados e valores para os fenômenos e conceitos trabalhados durante o momento da aprendizagem, porém, o foco principal é a maneira com que o aprendiz se relacionará com os novos conhecimentos, Pfromm afirma que:

Na aprendizagem por descoberta, o aprendiz descobre alguma coisa, resolve um problema, encontra a saída para uma dificuldade ou desafio. Tanto na recepção como na descoberta, a aprendizagem pode ocorrer de modo automático, por decoreação; ou de modo significativo, isto é, com efetiva compreensão dos conceitos, princípios, operações e outros aspectos relevantes nela envolvidos. (PFROMM, 1987, p. 22).

Independentemente do método da descoberta ou não, o conhecimento deve ser feito por etapas, todas conectadas, sendo que, a aprendizagem efetiva ocorre na ligação destes estágios e na formação de uma rede de conhecimentos estruturada. O momento principal da aprendizagem significativa é aquele em que se conecta o novo com aquilo que já se sabe ou vivenciou.

Tavares (2004) compreende que o método construtivista de ensino se baseia em aspectos sequenciais que proporcionam a construção do conhecimento ao educando a partir de conteúdos introdutórios até explicações científicas mais complexas. Podendo assim modificar a estrutura cognitiva do aprendiz. A partir de uma teoria de aprendizagem significativa no método de ensino, aquele conhecimento será levado pra vida toda.

As pessoas constroem os seus conhecimentos, a partir de uma intenção deliberada de fazer articulações entre o que conhece e a nova informação que pretende absorver. Esse tipo de estruturação cognitiva se dá ao longo de toda a vida, através de uma *sequência* de eventos, única para cada pessoa, configurando-se, desse modo, como um processo idiossincrático. Atualmente, esse entendimento de como se constrói a estrutura cognitiva humana chama-se genericamente de construtivismo. (TAVARES, 2004, p. 56).

Dorin (1983) reitera que, na teoria cognitivista de Ausubel, a base do conteúdo assimilado deve estar relacionada com os conhecimentos preexistentes que o educando possui, os quais ele denomina de subsunçores.

Um dos diferenciais que a teoria de Ausubel possui em relação as demais teorias de ensino é o conceito de subsunçores. Este conceito é a explicação ao elo que une o conhecimento dito como prévio com relação ao novo. É a partir dos conceitos âncoras que os fenômenos mais complexos podem ser mais facilmente compreendidos.

Existem três requisitos essenciais para a aprendizagem significativa: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a sua conexão com o novo conhecimento; a atitude explícita de apreender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver. Esses conhecimentos prévios são também chamados de conceitos subsunçores ou conceitos âncora. (TAVARES, 2004, p. 56).

Os subsunçores trazem significados para os novos conhecimentos que o discente adquire, conseguindo assim, utilizar os conhecimentos livremente, podendo interpretar situações e resolver problemas de seu cotidiano.

É baseado nisso que Dorin (1983) afirma que a memorização não é uma verdadeira aprendizagem, mas sim, um processo mecânico.

Aprender não é decorar. Em exames escolares, processos seletivos e avaliações do gênero, exige-se uma quantidade enorme de fórmulas e conceitos abstratos, existindo cobranças que, em muitas vezes, podem ser desnecessárias para o processo de aprendizagem dos educandos.

Nota-se nas palavras de Tavares (2004), que o fato do educando memorizar uma gama alta de conceitos não trará uma aprendizagem significativa para sua vida, é apenas algo momentâneo, facilmente esquecido após algum tempo. Faz-se necessário um ensino que o aluno possa utilizar futuramente, para se formar enquanto cidadão consciente e crítico.

A aprendizagem mecânica ou *memorística* se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí, ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para exames escolares. Principalmente aqueles exames que exigem respostas literais às suas perguntas e que não exijam do aluno uma capacidade de articulação entre os tópicos do conteúdo em questão. Apesar de custar menos esforço, a aprendizagem *memorística* é volátil, com um grau de retenção baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo. (TAVARES 2004, p. 56).

As ideias e conceitos novos só podem ser incorporados e retidos de maneira eficaz por parte do educando, quando incorporada aos subsunçores já existentes, ou seja, a incorporação de novos conhecimentos com os conhecimentos antigos.

Pfromm (1987) compreende que a aprendizagem se torna mais fácil ao se basear em conceitos que o educando já domina, isto é, pautado naquilo que é significativo ao mesmo. Ausubel afirma que os subsunçores são estruturas cognitivas que acrescentamos as novas informações. Dando a importância a aquilo que já se conhece.

E ainda, segundo Dorin (1983, p.39):

a estrutura cognitiva é um corpo organizado de *idéias* que o indivíduo já possui antes de uma nova aprendizagem. Essa estrutura depende de três variáveis, que são a inclusibilidade por subsunção, a disponibilidade de subsunçores (conceitos já existentes) e a discriminabilidade. Os subsunçores possibilitam a “ancoragem” do material que está sendo incorporado à estrutura, porque eles têm uma certa estabilidade e clareza. Eles são conceitos amplos que abarcam as informações adquiridas e possibilitam sua retenção e relação com estruturas já existentes, formando novas estruturas cognitivas. E, finalmente, a discriminabilidade diz respeito às discriminações entre os conceitos e o material assimilado. (Dorin, 1983, p.39)

É importante salientar que não serão em todas as situações que o educando possuirá conceitos prévios para o conteúdo a ser trabalhado. Todavia não significa que não seja possível que ocorra a aprendizagem significativa. Porém, para que transcorra a aprendizagem, o educador deverá utilizar uma linguagem simples na exposição dos novos conceitos, formando subsunçores a partir dos conceitos gerais e não específicos.

Ausubel (1980, 2003) sugere o uso da aprendizagem mecânica quando não existirem na estrutura cognitiva do aprendente *idéias*-âncora (subsunçor) que facilitam a conexão entre esta e a nova informação, quando não existirem *idéias* prévias que possibilitem essa ancoragem. (TAVARES, 2004, p. 56).

Para Pivatto e Schumacher (2013), pode-se afirmar que Ausubel compreende que a aprendizagem pode possuir três níveis distintos, o primeiro é a subordinada, a segunda classificação é aquela cuja qual o conhecimento apresentado vai além de estruturas prévias, também conhecida como combinatória e o terceiro tipo é chamada de superordenada

Pivatto e Schumacher (2013) compreendem que a aprendizagem subordinada é aquela que caracteriza a situação de quando o conhecimento novo apresentado para o educando modifica de maneira permanente as estruturas cognitivas do ser. A situação de integração de novos conhecimentos aos conhecimentos preexistentes do educando, ampliando sua compreensão a respeito deste fenômeno, seja ele de qualquer ciência é a caracterização da alteração de um subsunçor do ser.

Pozo (1998, *apud* PIVATTO; SCHUMACHER, 2013), afirma que a aprendizagem combinatória ocorre quando os novos conhecimentos se tornam completos para compreensões de fenômenos, tornando-se assim uma nova estrutura cognitiva, isto é, ultrapassam a categoria de um subsunçor. A relação entre informação e cognição é chamada de combinatória, cuja qual associa diversos subsunçores entre si.

Para Pivatto e Schumacher (2013), a definição do terceiro nível de aprendizagem, definido como aprendizagem superordenada é:

Nesta forma de aprendizagem significativa o novo conceito é mais geral e inclusivo que os conceitos subsunçores. Ocorre quando um conceito ou proposição mais geral do que algumas ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva do estudante, é adquirido e passa a ser assimilado. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) a nova aprendizagem será superordenada quando se aprende uma nova proposição inclusiva que condicionará o surgimento de várias ideias, ocorrendo no curso do raciocínio ou quando o material apresentando é organizado indutivamente ou envolve a síntese de ideias compostas. (PIVATTO; SCHUMACHER, p. 201, 2013).

## 2.1 MAPAS MENTAIS E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Organizar o pensamento do educando é um procedimento extremamente importante no processo de ensino. Assim é exequível que, a partir de conceitos simples, os tópicos mais específicos e de maior complexidade. Possam ser aprendidos de maneira efetiva.

Quando o cérebro ouve uma série de frases, ele não absorve a informação palavra a palavra, linha a linha – ele a considera como um todo. Ele a classifica, interpreta e assimila de diversas maneiras. Ouvimos as palavras e as situamos no contexto do conhecimento que já possuímos. (BUZAN, 2009, p. 18).

A utilização de Mapas Mentais (MM), que são instrumentos de ensino propostos Buzan (2009), permite que o educando possa demonstrar hierarquicamente seu conhecimento. Pois a partir de um conceito principal ele descreverá tudo aquilo que já conhece sobre o assunto (seus subsunçores) correlacionando-os com outros conceitos que julga como coerentes para aquele determinado tema.

Os Mapas Mentais são um método de armazenar, organizar e priorizar informações (em geral no papel), usando Palavras-Chave e Imagens-Chave, que desencadeiam lembranças específicas e estimulam novas reflexões e *idéias*. Cada ativador da memória em um Mapa Mental é uma chave que dá acesso a fatos, *idéias* e informações, além de liberar o verdadeiro potencial da mente, de modo que possamos nos tornarmos o que quisermos ser. (BUZAN, 2009, p. 35).

A utilização dos MM permite que o aluno possa, dentro de um mesmo tema, estabelecer quais conceitos são mais abrangentes, quais são mais específicos. Em caso de lacunas não preenchidas em seu mapa ou a falta de correlação entre os tópicos descritos, o discente pode recorrer a um referencial teórico, estudando, entendendo e inserindo em seu mapa, fixando ainda mais estes conteúdos, se aproximando de uma aprendizagem concreta, interpretada e com significados para o mesmo. Para Buzan (2009, p. 6): “O Mapa Mental (Mind Map) é uma ferramenta dinâmica e estimulante que contribui para que o pensamento e o planejamento se tornem atividades mais inteligentes e rápidas.”.

Mas o que são MM? Para Buzan (2009) Trata-se de um método de organização gráfica de conceitos que permite que o educando relacione e especifique determinados conceitos, possibilitando também que seja possível a categorização de conceitos conforme seu grau de dificuldade o aprofundamento com relação a determinado fenômeno.: “as cores são importantes porque estimulam o cérebro e

ativam a criatividade e a memória visual. Além disso permitem acrescentar estrutura, níveis de relevância e destaque aos elementos do Mapa Mental.”. (BUZAN, 2009, p.35).

Desse modo, é preferível adotar os MM como uma das ferramentas de avaliação, por serem compatíveis com os princípios da aprendizagem significativa, por serem de rápida construção sem a necessidade de uma longa explicação de como se cria um MM.

## 2.2 METODOLOGIAS DE ENSINO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Moreira (2011) afirma que a aprendizagem significativa de David Ausubel é duradoura ao educando, diferentemente da aprendizagem por memorização, mas para ocorrer a aprendizagem concreta, faz-se por necessário uma sequência didática, com caráter cognitivista, isto é, uma situação de ensino potencialmente significativa.

Moreira (2011), compreende que a metodologia contém aspectos sequenciais planejados pelo professor, delineando um roteiro de ensino que aborda o contexto social no qual o estudante está inserido, a fim de utilizar conhecimentos que ele traz do mundo exterior para dentro da sala de aula.

Objetivo: desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Filosofia: só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos. (MOREIRA, 2011, p. 2).

A organização do papel pedagógico na aprendizagem significativa, segundo Moreira (2011): De acordo com Moreira (2011), a organização do roteiro didático de uma UEPS deve contemplar os seguintes passos: (i) O primeiro passo metodológico é a organização do conceito a ser repassado aos alunos, a seleção dos conceitos básicos, os fenômenos da natureza.

(ii) Ao selecionar todo o conteúdo que os educandos deverão ver, o desafio é a identificação dos subsunçores em potencial a serem modificados, relacionar todo o conteúdo enciclopédico a uma visão já conhecida por parte dos alunos.

(iii) Potencializar o conceito a ser trabalhado em relação as modificações no aprendiz.

Assim como a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS), Delizoicov e Angotti (2000) também defendem a necessidade e a importância em se distanciar de um ensino puramente teórico e desconectado da realidade dos educandos. Segundo Delizoicov e Angotti (2000, p.53): “A forte crítica ao ensino das Ciências por seu excessivo distanciamento ou mesmo desligamento dos fenômenos e das situações que constituem o universo dos alunos deve ser contemplada com seriedade.”.

A Educação problematizadora, caracterizada pelo diálogo em vez do monólogo, entra em cena dentro da sala de aula, contempla o aluno com o foco do processo de ensino-aprendizagem encaixa-se perfeitamente na metodologia proposta por Moreira (2011) das UEPS.

A problematização, permite que o senso comum oriundo da vivência do educando seja desmitificado e qualificado através do ensino das ciências, Delizoicov e Angotti afirmam que:

Estudos indicam que o conhecimento anterior que o aluno já detém, independentemente da sua escolaridade, muitas vezes podem interferir na efetiva apreensão do conteúdo veiculado na escola. Em particular no estudo das Ciências, situações conflitivas emergem, oportunizando a “convivência” de duas estruturas de conhecimento paralelas, que para o mesmo fenômeno estudado não fornecem a mesma interpretação. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 2000, p.53).

Delizoicov e Angotti (2000) propõe que a estrutura metodológica da atividade educativa de ser dividida em três momentos pedagógicos distintos.

O primeiro momento é caracterizado por uma problematização inicial para a apresentação ao tema que será trabalhado. Baseado num método de motivar os educandos e proporcionar ligações do conteúdo a ser apresentado com aquilo que eles já conhecem.

O segundo momento é a organização do conhecimento, onde é abordado o conhecimento científico que é necessário para compreender os fenômenos naturais que explicam os assuntos trabalhados na problematização inicial. A fim de que os educandos posteriormente possam utilizar os conhecimentos aprendidos na aula em situações do seu cotidiano semelhantes a problematização inicial.

O terceiro momento é o da aplicação do conhecimento, cuja finalidade é de que os alunos e alunas tenham a capacidade de extrapolar os conhecimentos obtidos dentro da sala de aula para situações que não possuem ligação direta com o tema abordado, demonstrando traços de uma aprendizagem significativa. Isto é, a ligação dos novos conceitos aos subsunçores já existentes.

É perceptível que os momentos pedagógicos propostos por Delizoicov e Angotti (2000) se encaixam em uma atividade educativa que visa a aprendizagem significativa, assim como aquela proposta por David Ausubel, visando a valorização dos conceitos prévios dos alunos e a ligação do cotidiano com o saber científico.

O cerne de todo este processo é a aplicação do método em si, ou seja, após todo o planejamento, o educador deve adentrar na sala de aula e iniciar o processo de modificação cognitiva de seus discentes, a fim de que, ao final do processo, seja possível a realização de uma aprendizagem significativa por parte deles.

Tanto os métodos de apresentação direta quanto os de ensino por descoberta podem conduzir à aprendizagem altamente mecânica ou altamente significativa, dependendo das características do aluno e da organização dos materiais didáticos. (NOVAK, 2010, p.12).

E é baseado na TAS, nos momentos pedagógicos e em forma de uma UEPS, que todo o método de ensino dessa dissertação foi elaborado. Todo esse processo é avaliado por meio da elaboração de MM e resoluções de situações problemas, verificando a presença dos traços de modificação positiva e permanente dos subsunçores dos alunos. Assim, o que se pretende é buscar uma aprendizagem significativa, mostrando-lhes que a Física, além de importante, não se resume somente a fórmulas complexas e conceitos abstratos, mas também apresenta temas ricos em significados.

### 3 CAMPO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO

A Física deveria ser ensinada de maneira a se tornar em algo deslumbrante aos olhos dos discentes porque nela há grandes possibilidades de descobertas de coisas curiosas e muito interessantes. Trata-se de uma ciência que busca explicar os fenômenos que ocorrem na natureza possibilitando o homem de conhecer o mundo em que está inserido. A forma tradicional de ensino, centrada em fórmulas e resoluções de exercícios, dificilmente proporciona o envolvimento do aluno, dificultando o aprendizado dos conceitos.

A escolha do campo de aplicação do produto foi intencional: um primeiro ano do curso técnico de formação de docentes em um colégio privado. Nosso objetivo com essa escolha foi, além de proporcionar aprendizagem significativa às alunas, dar a oportunidade de que conhecessem uma nova metodologia fundamentada nos princípios da Psicologia da Aprendizagem, algo relevante para a formação de futuros docentes.

A opção de utilizar uma UEPS, proposta por Moreira (2011), foi motivada pela observação de situações de ensino em sala de aula. Observou-se que os estudantes pareciam considerar o ensino de Física como algo enfadonho e sem sentido ou significado.

Percebeu-se, então, a necessidade de envolver os discentes em atividades mais interessantes, numa perspectiva de educação transformadora.

Dessa forma, procurou-se mostrar que a Física é importante e útil para interpretar fatos da realidade cotidiana, e não somente para responder adequadamente questões de exames, podendo fugir dos moldes educacionais exigidos pelas grandes comissões de vestibular ou de exames de seleção tradicionais.

Em um contexto educacional, provas como o vestibular, não agregam uma aprendizagem significativa aos discentes, apenas sua aptidão para a memorização de conceitos e fórmulas. Isso pode ser verificado tanto na iniciativa privada quanto no ensino público. Afinal, o processo seletivo abrange a todos. Para Santos:

Com essa perspectiva, o MEC entende que se aproxima de resolver o problema de parte do Ensino Médio, principalmente nas escolas particulares, sempre acusadas de estarem voltadas simplesmente para atender às exigências dos vestibulares, gerando um ensino dissociado da vida, pautado em fórmulas e conteúdos estanques, a maior parte deles desnecessária depois do vestibular. (SANTOS, 2011, p. 7):

O Colégio de aplicação do produto está localizado na região central da cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná. Sua estrutura de ensino se estende desde a educação infantil até o ensino médio regular ou com cursos técnicos em contraturno, nas áreas de Análises Clínicas, Formação de Docentes, Informática e Química. A grande maioria dos alunos, ao concluírem o nono ano neste colégio, iniciam o ensino médio juntamente com um curso técnico.

A estrutura do colégio é ampla, possui laboratórios nas áreas de Química, Física, Biologia e Informática, a coordenação escolar incentiva os professores a ministrar algumas aulas nos laboratórios, baseado em um ensino com métodos diversificados.

O ensino médio técnico é em horário integral. No período da manhã, os estudantes frequentam o ensino médio regular, no período vespertino, cursam as matérias do curso técnico, incluindo a carga horária de estágio obrigatório.

Em uma análise particular feita no primeiro semestre de 2018, pelo próprio autor, notou-se que os integrantes da turma escolhida apresentavam muito entusiasmo ao aprender os conceitos Físicos. Porém, como acontece com a maioria dos educandos, existe uma grande dificuldade com relação aos conhecimentos da matemática, linguagem necessária na Física e, além disso, surgem questionamentos do tipo: “Esse conceito é muito difícil de ser compreendido, não consigo visualizar tal fenômeno partindo somente da explicação teórica do livro texto, e afinal, onde que vou usar isto em minha vida?”. Surge, assim, a necessidade de uma aula contextualizada, com uma metodologia de aprendizagem significativa, mostrando toda a notoriedade e relevância que a ciência possui para o desenvolvimento pessoal e cognitivo dos alunos.

É com esta perspectiva que surge a oportunidade de mostrar um ensino de Física contextualizado, a partir de uma metodologia diferente, fugindo do sistema tradicional de ensino. Tendo em vista que serão futuros educadores, despertando-lhes o desejo de aprender, modificando a visão atual sobre a qual estão inseridos, a do ensino preparatório para vestibular, que privilegia apenas a memorização.

## 4 METODOLOGIA DE TRABALHO: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os marcos teóricos adotados nessa dissertação foram baseados nos autores cognitivistas que defendem a ideia da teoria da aprendizagem significativa. A fim de estimular para que os educandos apresentem indícios de uma aprendizagem significativa, foi necessário elaborar um plano sequencial de docência baseado na construção de uma UEPS.

Os métodos de avaliação adotados foram baseados nas análises dos MM produzidos pelos alunos, avaliações das respostas dos educandos aos questionamentos do professor, nas participações das discussões feitas durante as aulas e na resolução de situações problemas. Estes métodos permitiram uma avaliação mais ampla da aprendizagem dos alunos.

### 4.1 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA: EQUILÍBRIO E DESEQUILÍBRIO DOS CORPOS

O objetivo desta UEPS é ensinar os conceitos físicos envolvidos no equilíbrio dos corpos no Ensino Médio. O primeiro momento, também descrito como situação inicial foi baseado em uma conversa inicial com os alunos, a fim de discutir sobre o que é o equilíbrio de um corpo.

Neste momento os alunos deveriam expor todos os aspectos físicos que eles acreditam que estejam envolvidos, tentando criar uma relação para utilização deste conceito em seu dia a dia. Este momento deve ter a duração dos primeiros minutos de uma aula.

A segunda etapa desta UEPS é a exposição de situações problemas. Após certo momento da aula, o professor deve começar a direcionar a discussão inicial, fazendo com que os alunos comecem a pensar de maneira mais clara sobre o assunto, pedindo que eles tentem explicar os exemplos dados por eles, utilizando os conceitos físicos já aprendidos anteriormente nas aulas, através de algumas perguntas, tais como: O que é o equilíbrio? Como percebemos o equilíbrio nos corpos quando estão parados? É possível existir um equilíbrio de um corpo quando ele está em movimento? Quais são os fatores que influenciam o equilíbrio de um corpo ou sistema? Será que utilizamos estes conceitos em ações do nosso dia a dia?

Após a discussão das questões feitas aos alunos, o professor deve anotar as exposições dos alunos no quadro de giz, sempre mantendo um acordo com os alunos durante os apontamentos com relação a hierarquização dos tópicos, ou seja, aquilo que eles acreditam que sejam mais relevantes e fundamentais ao conteúdo a ser estudado.

Ao final desta etapa, o professor deve propor para que cada aluno, individualmente, crie uma situação onde ele utiliza os conceitos de equilíbrio, hierarquizando estes conceitos através de um mapa mental. Ao término da atividade, alguns alunos devem apresentar de forma rápida a sua situação. Este momento ocupa o final da primeira aula e também uma parte da segunda aula. É importante que todas as atividades sejam feitas em conjunto dentro da sala de aula.

O terceiro passo sequencial é o da revisão. Neste momento são apresentados aos alunos os diferentes bonecos João Bobos, onde cada um possui uma posição de equilíbrio diferente. Os alunos podem olhar, investigar, apalpar e manusear os bonecos. É necessária uma discussão em grupo e tentativas de explicação dos fenômenos físicos observados. O professor deve apenas conduzir os momentos da aula, sem intervir na investigação dos alunos ou na discussão.

Após essa discussão inicial e tentativa de explicação, o docente deve questionar os grupos sobre suas conclusões acerca do experimento feito com os bonecos. Eles devem tentar explicar o motivo das diferentes posições de equilíbrio e a função de cada componente do boneco.

O professor, ao final, deverá explicar o motivo dos bonecos possuírem aquele comportamento, relacionando seus conhecimentos e explicações com as explicações feitas pelos educandos, mas não deve corrigi-los, apenas proporcionar a construção do conceito fisicamente correto.

A utilização dos bonecos tem o objetivo de despertar a curiosidade ao fazer com que os alunos tentem descobrir qual o motivo pelo qual cada boneco possui uma posição de equilíbrio diferente, e que as diferentes posições de repouso em cada boneco estão relacionadas à uma grande concentração de massa e conseqüentemente de peso nos bonecos, ligando os conceitos aprendidos nesta etapa com os conceitos discutidos nas duas primeiras aulas. Todo este processo leva o tempo de duração de uma aula.

A quarta etapa desta UEPS se caracteriza como uma nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade. O professor deve neste momento

iniciar uma explicação dos conceitos básicos do equilíbrio de um corpo, isto é, CG e CM, pois os mesmos já dominam os conceitos de força e campo gravitacional.

Ao final da explicação conceitual, o professor deve mostrar a eles, através de apresentações projetadas por multimídia, duas situações-problema, onde apenas uma envolve o tópico já estudado. Os alunos devem estar dispostos em grupos, e devem analisar qual situação realmente envolve o conteúdo estudado e explicar o motivo desta escolha, isto é, aplicar todo o conteúdo aprendido até o momento em situações práticas.

Este passo leva a duração de uma aula. O professor deve estar sempre atento em mudar os integrantes dos grupos, para que haja uma maior interação entre eles durante as aulas.

O quinto momento desta sequência didática é a aplicação do conceito como método de avaliação daquilo que foi entendido até o momento. Nesta etapa da sequência didática, é feita a introdução do conceito de ângulo de tombamento, através de um objeto de aprendizagem construído pelo professor, que simula a modificação da posição do CG de um veículo e busca demonstrar a sua condição de tombamento.

A partir disto, o aluno poderá colocar tudo aquilo que aprendeu sobre CM E CG. O professor deve explicar conceitualmente o fenômeno físico, manuseando o equipamento durante a aula, de forma demonstrativa.

O aluno, ao conciliar os conceitos já estudados com a demonstração do professor, consegue compreender o conceito de ângulo de tombamento de um veículo, que depende diretamente da posição do CG de um corpo.

Ao término do experimento e da explicação, o professor deve propor aos alunos uma discussão sobre a aplicação dos conceitos da aula em situações comuns do cotidiano. Os alunos também poderão expor experiências próprias. Todo este processo deve ser conduzido ao longo de uma aula inteira.

Para o sexto passo sequencial, é necessário conduzir uma aula expositiva, dialogada, integradora e final. É apresentado um vídeo de desenho animado no qual o personagem, que está em cima de um morro, tenta atingir o outro personagem que está embaixo, utilizando uma rocha e uma alavanca, a partir do princípio de momento de uma força.

Após a apresentação do vídeo, o professor discute com os alunos a razão pela qual a rocha, apesar de se encontrar em uma situação de equilíbrio estável, consegue ser movimentada facilmente.

Após esta discussão, o professor explica o conceito de momento de uma força, que modifica a intensidade da força aplicada sobre a rocha e produz efeito sobre o equilíbrio do corpo. Toda a aprendizagem dos conceitos e aplicações sobre equilíbrio e não-equilíbrio são encerrados neste momento da UEPS. A próxima etapa é a da avaliação dos resultados da aprendizagem.

A avaliação da aprendizagem na UEPS é feita por meio de diferentes instrumentos que procuram observar a presença de várias evidências de aprendizagem. Todos os alunos participam ativamente de todas as etapas de avaliação.

O primeiro instrumento utilizado é o registro pessoal do professor aula a aula. Dessa maneira, busca-se avaliar as respostas dos alunos aos questionamentos formulados pelo professor.

O segundo momento consiste na elaboração de dois MM no final da UEPS. O primeiro MM é uma construção individual. O objetivo é a comparação entre o MM do início da UEPS, baseado nos subsunçores dos alunos, e o MM ao final do processo de ensino-aprendizagem proposto pela unidade. O segundo MM é uma construção coletiva sobre os conceitos de equilíbrio e não-equilíbrio, mediada pelo professor, que promove a interação social para a consolidação dos conceitos aprendidos.

O terceiro momento, que ocorre logo após a elaboração dos MM, é o da avaliação escrita. Tem a duração de uma aula e aborda o tema equilíbrio e não-equilíbrio por meio de situações-problemas.

O quarto e último momento é o da avaliação da própria UEPS. A análise conjunta dos momentos anteriores permitirá concluir se os indícios de aprendizagem significativa estão presentes ou não. Neste momento, a evolução da aprendizagem dos alunos deverá ser evidente para que os resultados da UEPS sejam considerados satisfatórios.

## 4.2 MÉTODO DE TRABALHO

No primeiro momento, foi definido o conceito a ser trabalhado com o aluno, que é sobre o equilíbrio e desequilíbrio dos corpos. Foi neste momento que ocorreu a organização das ideias. Estabeleceu-se o contexto social, científico, tecnológico e ambiental, nos quais o conceito físico está inserido e de que maneira ele está ligado ao cotidiano do aluno. De acordo com Moreira, há alguns aspectos sequenciais ou

passos a serem seguidos para elaborar uma UEPS sendo que o primeiro seria "definir o tópico" (MOREIRA, 2011, p. 4).

Os procedimentos subsequentes da UEPS são a elaboração de uma sequência didática pautada pelo avanço progressivo dos conteúdos trabalhados com os alunos. O marco inicial é uma explanação geral da unidade para os educandos, feita por meio de ferramentas e estratégias didáticas como mapas mentais e discussões em grupo.

Com o desenvolvimento da UEPS, a partir das dúvidas que os alunos apresentaram sobre o tema equilíbrio e a partir daquilo que estava sendo abordado em sala de aula, foi necessário introduzir novos métodos de ensino para esclarecer as dúvidas antes de iniciar os próximos passos sequenciais, cujo objetivo é a aprendizagem dos alunos, que deverá ser a significativa.

Ao final de cada conceito abordado dentro de sala de aula, os alunos apresentavam as condições necessárias para que as situações problemas fossem resolvidas, completamente ou em partes, uma vez que a aprendizagem significativa não deve ser imediatista. É baseado nisto que Moreira (2011) apresenta os passos sequenciais das UEPS, por meio dos quais nos tornamos capazes de compreender as dúvidas que surjam dentro e fora do ambiente escolar.

O momento inicial tem um caráter introdutório e é baseado nas situações simples do cotidiano que utilizam o conceito de equilíbrio dos corpos, como o ato de caminhar, por exemplo.

O objetivo dessa organização é que os alunos percebam que o conteúdo apresentado possui relação com o seu cotidiano. Após isto, os conceitos um pouco mais complexos foram trabalhados adotando-se uma estratégia didática baseada na apresentação do conceito de equilíbrio utilizando a linguagem da Ciência. Assim se fez a primeira aproximação que os levará a uma aprendizagem não-mecânica.

As estratégias experimentais de ensino sobre o equilíbrio e desequilíbrio dos corpos, foram compostas por, primeiramente, bonecos com os centros de gravidade modificados, que caracterizam como organizadores prévio. Os bonecos tem o intuito de potencializar os subsunçores que serão modificados durante a unidade de ensino.

A segunda aula experimental foi trabalhada ao final da unidade, para encerrar o conteúdo. Foi baseada em uma aplicação dos conceitos físicos em situações do cotidiano, sem aplicações de fórmulas ou memorização de conceitos ou definições.

A última etapa foi a avaliação diagnóstica e formativa com relação compreensão dos significados sobre o conceito de equilíbrio. Os alunos elaboraram MM que foram analisados de modo a perceber a presença dos conceitos científicos aprendidos até então.

Os Mapas Mentais são um apoio eficiente e muito útil nos estudos, sobretudo na época de provas. Se o verdadeiro propósito de um exame é testar o conhecimento e a compreensão de um aluno, os Mapas Mentais são a ferramenta de revisão de conteúdo perfeita, pois permitem que o estudante concentre tudo o que sabe – e tudo o que precisa saber – em uma única referência visual. (BUZAN, 2009, p. 78).

## 5 CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS

### 5.1 O CENTRO DE MASSA E O CENTRO DE GRAVIDADE

Para Nussenzveig (2002), em um sistema de muitas partículas, a partir da terceira lei de Newton, o momento total destas partículas se conserva ao fato deste sistema estar em equilíbrio. As forças atuantes nesse sistema de partículas são definidas como forças internas e externas. Para que essa condição seja válida, o somatório destas forças deve ser nulo. Para uma análise mais facilitada, esse sistema de partículas se resume a um ponto, uma partícula, sendo esta partícula representativa denominada do CM deste corpo.

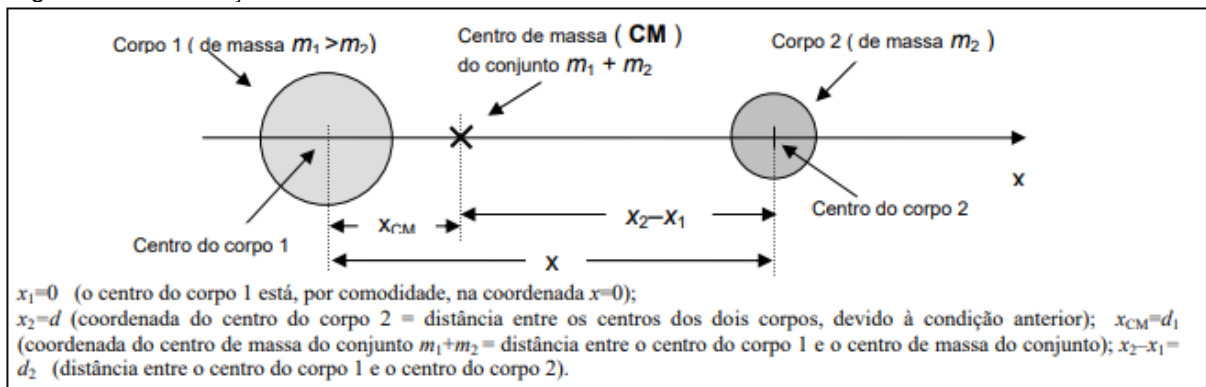
Segundo Assis (2008), o CM de qualquer corpo, independentemente de suas dimensões é um ponto cuja massa do sistema esteja toda concentrada ali. Em corpos homogêneos e uniformes, considera-se um ponto geométrico central.

Sendo também definido por Halliday, Resnick e Walker (2016), como um ponto hipotético no qual todo o sistema de partículas deste sistema ou corpo está ali concentrado, e todo movimento, ação ou força de atuação desse sistema estão atuando sobre este ponto.

Para Almeida e Ré (2000), A definição do CM, é um ponto médio da distribuição de partículas, assim como é mostrado na figura 01.

A coordenada  $x$  do CM é, por definição, a média ponderada das coordenadas  $x$  dos centros dos diversos corpos (partículas) constituintes do sistema, de tal modo que o *factor* de ponderação para cada corpo é a respectiva massa (o CM está, portanto mais próximo da maior massa e mais afastado da menor massa). (ALMEIDA; RÉ, 2000, p. 2).

Figura 1 – A indicação do centro de massa



Fonte: ALMEIDA (2000)

A partir da definição teórica de Almeida e Ré (2000), surge a necessidade de uma análise matemática para a posição deste CM a partir de um ponto médio.

Para a compreensão da definição da localização do ponto médio de um corpo, é analisada a interpretação de Halliday, Resnick e Walker (2016). Os autores compreendem que o ponto que o CM se localiza em um sistema de muitas partículas é definido pela seguinte relação (5.1.01) a seguir:

$$x_{cm} = \frac{m_1x_1 + \dots + m_Nx_N}{M} \quad (5.1.01)$$

Sendo N o número de partículas deste sistema, e m a massa e x a posição de cada partícula respectivamente. M é a massa total do sistema.

Matematicamente analisando, este somatório da equação (5.1.01), é definido por:

$$x_{cm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1} m_i x_i \quad (5.1.02)$$

Sendo que, este somatório de partículas com massa infinitesimal, a posição do CM é calculado a partir da integração:

$$X_{cm} = \frac{1}{m} \int x \, dm \quad (5.1.03)$$

Como em uma situação real, esta integração (5.1.03), é extremamente difícil de ser calculada e fora dos padrões de ensino propostos por Brasil (2015), sendo assim, é utilizado apenas corpos homogêneos para fins didáticos de estudo e análise.

Para corpos homogêneos, o CM está localizado no ponto médio deste corpo, e a partir da integração, é perceptível a que a posição do CM tende a se aproximar da concentração de massa de um corpo, permitindo assim, a definição de uma posição aproximada do CM para um corpo não homogêneo, sendo suficiente para a compreensão dos conceitos e situações abordados durante a UEPS.

Para Lemos, Teixeira E Mota (2010), o CG é o ponto onde o vetor força peso atua com o campo gravitacional gerado pelo sistema sobre o qual esta quantidade de massa se encontra. Sendo assim, é necessário compreender que a massa de um corpo ao estar submetida em um campo gravitacional, exercerá uma força de atração com o corpo gerador deste campo gravitacional.

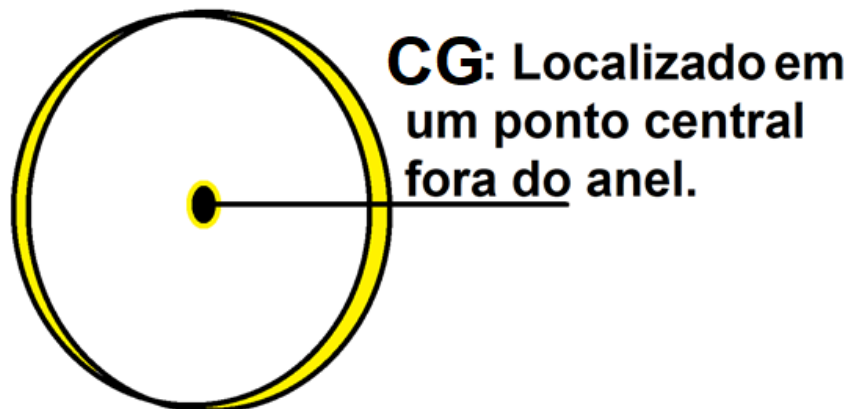
Definindo assim, em Lemos, Teixeira e Mota (2010, p. 84, grifo do autor): “No corpo humano o CG coincide com o CM. O CM é o lugar geométrico de massas e, portanto, *independente* de qualquer campo gravitacional, enquanto que, o CG é o ponto de aplicação de vetor que representa o peso do corpo.”.

Assis: “Como curiosidade histórica vale informar que Arquimedes foi o primeiro a demonstrar teoricamente que o centro de gravidade dos círculos coincide com o centro dos círculos” (ASSIS, 2008, p. 50). Porém esta afirmação contraria algumas leis da Física, pois a força gravitacional estaria atuando no vazio do anel, logo isso não seria possível, então Assis (2008), define CG de diversas formas ditas como provisória em sua obra. Para esta situação, temos a seguinte explicação:

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, 2008, p. 62).

Para fins didáticos, não é necessário que o centro de massa esteja dentro do sistema de partículas, um exemplo é de um anel circular, uma aliança comum, seu centro de massa está em um ponto central, fora do corpo, como mostra a figura 2:

Figura 2 – Indicação do cg do anel



Fonte: O autor

A partir das definições que Assis (2008) oferece sobre o de centro de gravidade, a fim de se obter uma visão mais simples para o aluno do ensino médio, defini o centro de gravidade como: O centro de gravidade de qualquer corpo, independentemente de suas dimensões, é um ponto hipotético sobre o qual é considerado que toda ação do campo gravitacional está agindo neste único ponto e que, fisicamente falando, não seria possível a ação gravitacional em uma única partícula, porém, este conceito simplifica os cálculos e torna mais fácil a compreensão do conceito de equilíbrio no corpo.

As definições de CM e CG são conceitos distintos, de uma maneira simplificada, pode-se diferenciá-los como uma grandeza escalar e uma grandeza vetorial, respectivamente, porém, geometricamente falando, em um corpo com as dimensões desprezíveis em relação ao planeta Terra, considera-se que eles estão no mesmo lugar.

Nos dias atuais, se fosse possível a construção de um prédio com 1.000m de altura, a diferença entre a aceleração gravitacional do primeiro andar (0 m de altitude, ao nível do mar) e do último andar (1.000m em relação ao nível do mar) seria menor que 1%. Como é demonstrado através do cálculo a seguir:

Para demonstrar a diferença entre força gravitacional entre o alto de um prédio de 1000 m de altura ( $F_A$ ), com relação a força gravitacional na superfície da terra ( $F_T$ ), será através da seguinte relação:

$$\vec{F}_T = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \hat{r} \quad (5.1.04)$$

e

$$\vec{F}_A = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \hat{r} \quad (5.1.05)$$

O valor de d (distância) na equação (5.1.04) é, segundo Oliveira Filho (2016), 6.378,1366 km  $\approx$  6.378.000 m, correspondendo ao raio equatorial do planeta Terra.

O valor da incógnita d na equação (5.1.05) é o raio equatorial do planeta Terra acrescido de 1000 m, a altura do prédio, 6.379.000 m.

A razão entre  $F_A$  e  $F_T$ , em módulo, é dada pela equação (5.1.06) a seguir:

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}}{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}} \hat{r} \quad (5.1.06)$$

Como o valor da constante gravitacional G e as massas são as mesmas, logo a simplificação se torna trivial. Desenvolvendo a equação nos passos (5.1.07), (5.1.08), (5.1.09), (5.1.10), e (5.1.11) temos que:

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{\frac{1}{6.379.000^2}}{\frac{1}{6.378.000^2}} \hat{r} \quad (5.1.07)$$

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{1}{6.379.000^2} \cdot \frac{6.378.000^2}{1} \hat{r} \quad (5.1.08)$$

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{6.378.000^2}{6.379.000^2} \hat{r} \quad (5.1.09)$$

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{4,0678884 \cdot 10^{13}}{4,0691641 \cdot 10^{13}} \hat{r} \quad (5.1.10)$$

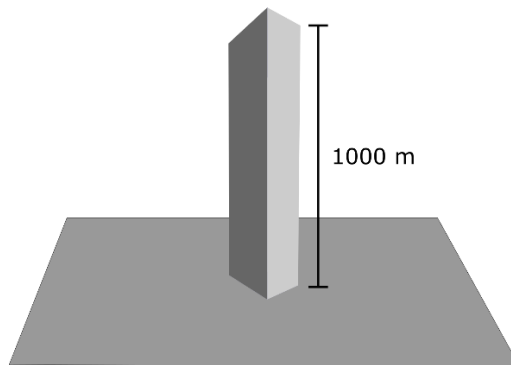
$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{4,0678884}{4,0691641} \hat{r} \quad (5.1.11)$$

A partir do resultado obtido, concluímos que a razão entre o módulo de  $\vec{F}_A$  por  $\vec{F}_T$ , é:

$$\frac{F_A}{F_T} = 0.9996865 \quad (5.1.12)$$

Assim, concluímos que, por meio do resultado obtido em (5.1.12), a diferença entre a força gravitacional no alto e na base de um prédio de 1000 m de altura, como mostrado na Figura 3, pode ser considerada desprezível para fenômenos do cotidiano.

Figura 3 – Um edifício com 1.000m de altura.



Fonte: O autor.

Para efeito de comparação com o caso do edifício de 1.000 m, consideremos o ponto mais alto do planeta Terra, que Segundo Pena (2009), é:

O Monte Everest é uma montanha onde se encontra o ponto mais alto do mundo, com 8.848 metros de altura em relação ao nível do mar. Porém, ele não é a maior montanha do planeta quando tomada a distância do seu topo em relação ao centro da Terra, título que pertence ao Monte Chimborazo, localizado no Equador. O Everest encontra-se na Cordilheira do Himalaia, uma cadeia de montanhas localizada na fronteira da China com o Nepal e que se estende por Índia, Butão e Paquistão. (Pena, 2009, s.p.)

No caso do Monte Everest, a razão entre  $F_A$  e  $F_T$ , é 0,9972312, isto mostra que, mesmo assim, a diferença entre a força gravitacional na superfície da Terra e no topo do Everest pode ser considerada desprezível para aplicações do cotidiano.

Desse modo, conclui-se que, segundo a Lei da Gravitação Universal de Newton, verifica-se que é praticamente impossível que o aluno consiga presenciar um local, ou encontrar um corpo, onde o campo gravitacional agindo sobre ele não seja homogêneo, então, para fins didáticos, considera-se que o centro de massa e centro de gravidade se encontram no mesmo ponto.

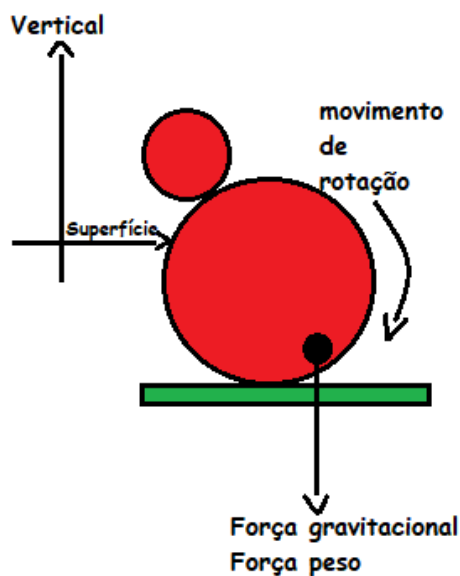
Pois, segundo Assis, o CG é definido como:

Chamamos de centro de gravidade de um corpo ao ponto de aplicação da força gravitacional. Ou seja, é o ponto neste corpo onde atua toda a gravidade, o ponto onde se localiza o peso do corpo. Ele também pode ser chamado de centro do peso deste corpo. (ASSIS, 2008, p. 55)

A posição do CM e CG de um corpo pode ser alterada, propositalmente ou não. Um exemplo do efeito dessa alteração é a fabricação dos bonecos popularmente conhecidos como “João-Bobo” ou “João-Teimoso”, que funcionam da seguinte maneira: o boneco inicialmente está em pé e repouso, quem manuseia o brinquedo aplica uma força perpendicular ao plano sagital do boneco e ele balança para os lados, porém, após um certo tempo, retorna a posição inicial, que é a posição de equilíbrio do boneco. Este fenômeno pode ser explicado e interpretado da seguinte maneira, segundo outra definição provisória que Assis dá para o CG: “O centro de gravidade é o ponto no corpo tal que se o corpo for apoiado por este ponto e solto do repouso, vai permanecer em equilíbrio em relação à Terra.” (ASSIS, 2008, p. 54).

Este efeito do brinquedo ficar sempre em pé é devido ao fato de que a maior concentração de sua massa está no apoio do boneco, como mostra a figura 4:

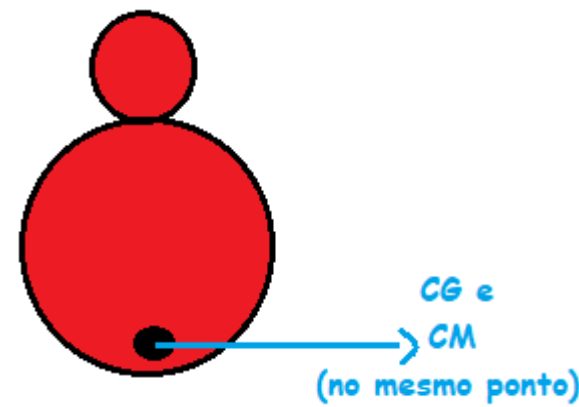
Figura 4 - Boneco João-bobo.



Fonte: O autor.

Verifica-se na figura 5 que o centro de massa e o centro de gravidade estão no mesmo ponto. O boneco é feito em material leve, geralmente de algum tipo de plástico. Na sua base é colocada uma pequena esfera metálica ou um preenchimento de areia, para que a maior concentração de massa se concentre nesse ponto.

Figura 5 – Indicação do CG e CM de um boneco João-Bobo.



Fonte: O autor.

Para compreender o comportamento do boneco, é imprescindível a conhecimento da definição de equilíbrio:

Para Assis (2008), o equilíbrio estável é definido como uma relação de estabilidade a qual o ponto de apoio do corpo está localizado abaixo do centro de gravidade. sendo assim, a qualquer perturbação da posição de equilíbrio do corpo ele oscilará até retornar à posição inicial.

Assis (2008) afirma que, o equilíbrio indiferente ocorre quando qualquer oscilação no ponto de equilíbrio não modifica a altura do CG em relação à Terra. Nesta situação, o corpo mantém o equilíbrio independentemente da posição em que é submetido.

Assis descreve o caso do equilíbrio instável da seguinte maneira:

Casos em que o centro de gravidade está verticalmente acima da região de apoio e, além disso, quando qualquer perturbação no estado do corpo faz com que o CG desça.

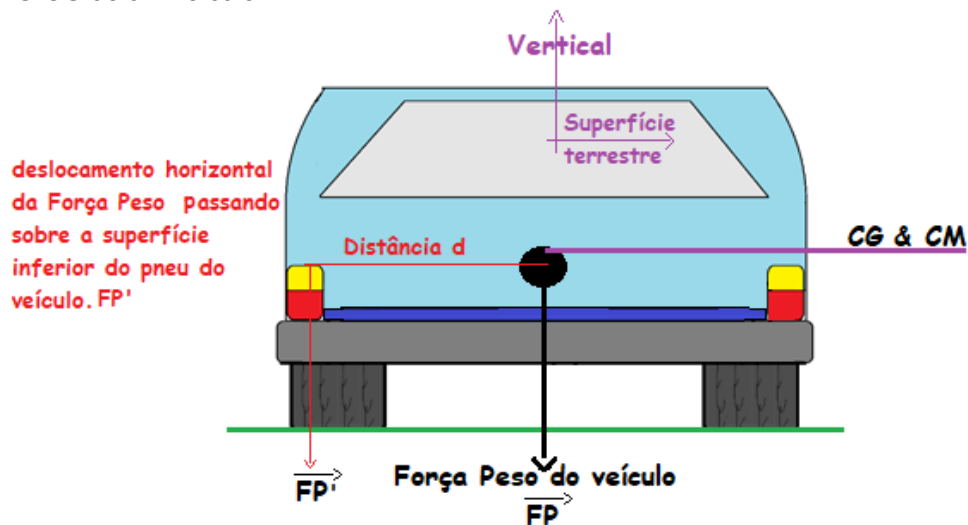
Observa-se que qualquer perturbação na posição do corpo fará com que o centro de gravidade se afaste da posição inicial, sem voltar a ela. Por este motivo esta situação recebe o nome de equilíbrio instável. (ASSIS, 2008, p. 80)

A partir dos estudos de Khoury Junior et al. (2009), e, Khoury Júnior et al. (2004), relacionados a maquinários agrícolas, podemos compreender que os

fenômenos ali trabalhados também se relacionam com veículos em situações de equilíbrio estável, instável e indiferente.

A figura 6 é a representação ilustrada da vista traseira de um veículo. O CG e CM desta ilustração encontram-se próximos ao chassi do veículo. Prolongando a ação da força peso do veículo, que é representada por  $FP$ , para um ponto situado a uma distância  $d$ , teremos  $FP'$ , perpendicular à superfície de separação entre o pneu e o solo. Este é o ponto de apoio, responsável pela posição de equilíbrio do veículo.

Figura 6 – O CG de um veículo.

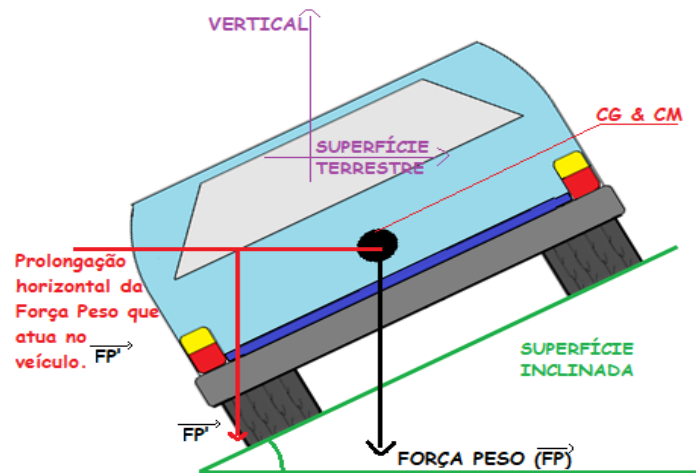


Fonte: O autor.

Um veículo pode-se facilmente inclinar e umas das consequências dependendo do ângulo de inclinação, é modificar sua posição de equilíbrio a tal ponto que a causa é o tombamento desse veículo.

Segundo Khoury Junior et al. (2009), o ângulo da posição de um veículo agrícola em relação a uma pista inclinada é o fator que provoca a falta de estabilidade lateral deste veículo, como está ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Ação do CG em veículo inclinado.



Fonte: O autor.

Na Figura 7, é representado um veículo que se encontra em uma superfície inclinada. A linha de ação da força peso  $FP$ , ao ser prolongada horizontalmente, representada pela força  $FP'$ , passa pela parte lateral do pneu. Como consequência, a superfície lateral do pneu passa a ser o novo ponto de apoio do veículo.

Ao modificar a direção e o sentido da Força atuando no CG de um corpo, sua posição de equilíbrio é alterada. O princípio do ângulo de tombamento, é uma explicação para quando um objeto sofre uma inclinação e muda sua posição de equilíbrio, estendendo-se para outros objetos, além de veículos e bonecos “João-Bobo”.

## 5.2 O TORQUE

Para Hewitt (2002), o torque se difere da força assim como a inércia rotacional é igualmente diferente da inércia ordinária. A inércia rotacional é dependente do ponto de aplicação de uma força até o ponto ou eixo de rotação que este corpo apresenta. A vantagem mecânica é a realização de uma força menor do que a necessária para retirar o corpo do seu movimento inercial. A alavanca mecânica, ou braço de alavanca é a aplicação de um ponto que ocasiona uma vantagem mecânica à rotação de um corpo.

Para Halliday, Resnick e Walker (2016), o momento de uma força é o movimento rotacional, ou a tendência de rotação, ao redor de um ponto fixo, que um objeto experimenta ao ser submetido a uma força  $\vec{F}$ . Se a força  $\vec{F}$  é aplicada sobre um

ponto estabelecido pelo vetor posição  $\vec{r}$  em relação ao eixo, o módulo do torque é definido na equação (5.2.01) a seguir:

$$\tau = \vec{r} \perp \vec{F}_t = rF \sin \phi \quad (5.2.01)$$

Sendo  $\vec{F}$  perpendicular ao vetor posição  $\vec{r}$  e  $\phi$  o ângulo entre  $\vec{F}$  e  $\vec{r}$ . Ao ser definido de maneira escalar, o torque tem valor negativo para o sentido horário e positivo para sentido anti-horário.

Para que um corpo se encontre em equilíbrio estático, além da somatória das forças que atuam sobre esse corpo ter que ser nula, a somatória dos torques também deverá ser nula (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

## 6 A APLICAÇÃO DO PRODUTO E OS RESULTADOS OBTIDOS

Foi desenvolvida uma sequência didática baseada em uma UEPS com a temática equilíbrio dos corpos, denominada de *Equilibrium*. Esta UEPS está dividida em cinco aulas contendo atividades diversificadas e experimentações de caráter lúdico. Cada UEPS aplicada foi subdividida em sete passos sequenciais.

A UEPS foi aplicada no mês de agosto de 2018, em uma turma de ensino médio (fotografia 1). Como a turma tem três aulas por semana e a UEPS possui uma sequência de cinco aulas, aplicou-se a UEPS no período de duas semanas.

Fotografia 1 – Aplicação da UEPS *Equilibrium*.

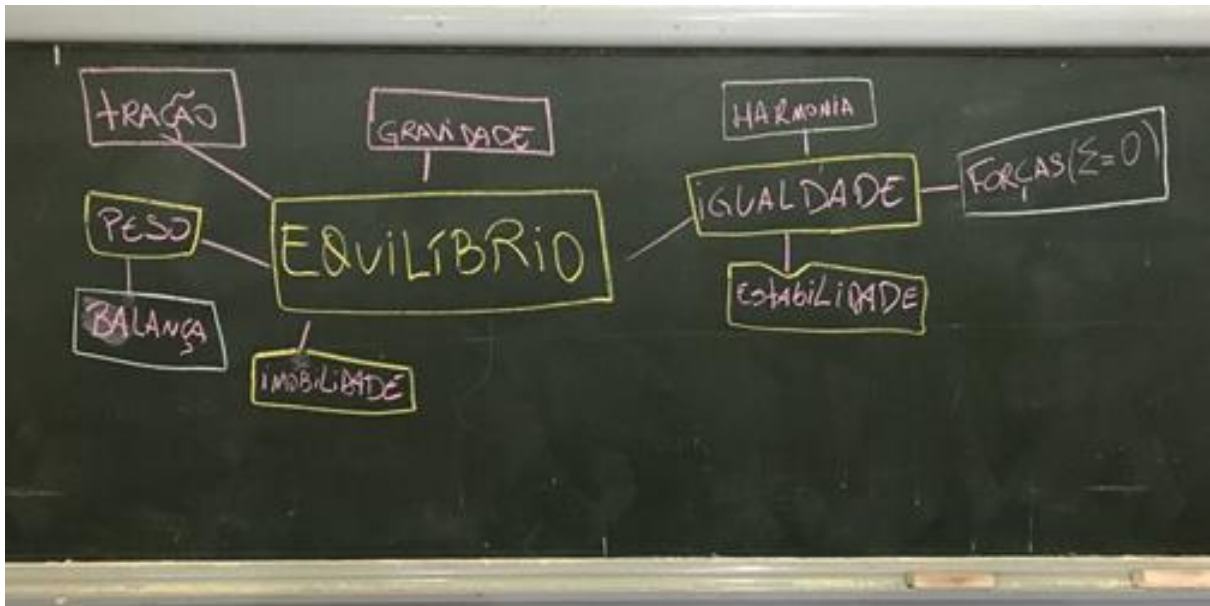


Fonte: O autor.

A primeira aula da sequência didática foi baseada nos passos iniciais das UEPS, que sugerem uma abordagem introdutória ao conceito a ser trabalhado. Assim, realizamos uma discussão em grupo com o objetivo de perceber os conceitos prévios que a turma possuía sobre o tema equilíbrio. Este momento é um organizador prévio, que tem como objetivo perceber os subsunçores dos alunos. Que conceitos, físicos ou não, eles possuem sobre o tema equilíbrio, para, na sequência, avançar sobre conceitos como CG e CM.

A conversa inicial foi baseada nos fenômenos que estavam relacionados com os conceitos de equilíbrio dos corpos. O diálogo teve a participação de todos os alunos. Após a conclusão dessa conversa inicial, o professor escreveu um mapa mental na lousa, que buscou refletir os subsunçores dos alunos, como mostra na fotografia 2.

Fotografia 2 – Significado das cores dos quadros: amarelo significa muito importante; rosa significa importância média e quadro branco significa importância quase nula.



Fonte O autor.

Como proposto por Buzan (2009), é importante notar que no MM os tópicos foram organizados por cores, de acordo com uma hierarquia de importância. Desse modo, os MM mostraram ser uma ferramenta eficaz na percepção que o professor precisa ter a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos, ao mesmo tempo que o ajuda a classificar a ordem de importância que o aluno dá a esses conhecimentos.

O resultado do MM mostra que há alguns subsunçores ligados ao tema equilíbrio, embora a elaboração desse primeiro mapa tenha exigido a superação por parte de alguns alunos que se expressaram da seguinte maneira: “Eu não conheço nada sobre equilíbrio, não quero escrever algo aleatório ao tema, e ser motivo de chacota”. Aos poucos eles venceram essas dificuldades e superaram o receio de participar nas aulas. A mediação do professor e o trabalho cooperativo e colaborativo da turma foi determinante para a superação desses obstáculos iniciais.

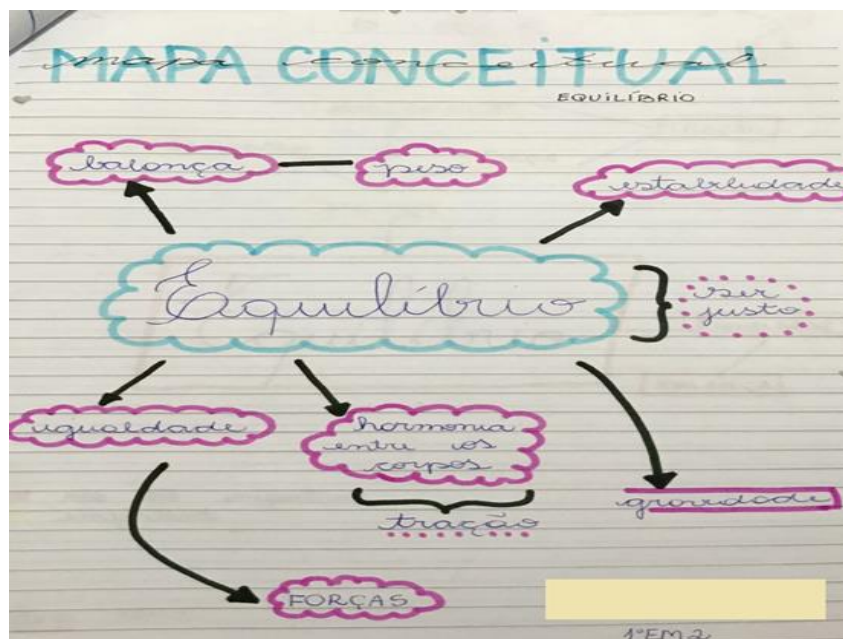
O professor, durante o tempo todo, estimulou os alunos a refletirem sobre as suas próprias dúvidas, a pensarem sobre o tema e na solução dos problemas oferecidos durante as aulas, assim como proposto por Moreira (2011, p. 4): “o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente”.

No final da aula, os alunos criaram seu próprio MM com o tema Equilíbrio, partindo do seu próprio conhecimento e daquilo que foi discutido e organizado em sala de aula. A atividade foi individual e sem consulta ao livro texto.

Contar histórias e explicar assuntos científicos, fatos passado, regras musicais e matemáticas com a ajuda de Palavras-Chave e imagens no formato de um Mapa Mental têm um impacto forte e permanente no modo como uma criança recebe e retém essas informações e se lembra delas. (BUZAN, 2009, p. 77)

O MM da fotografia 3, foi escrito por uma aluna da turma. Nota-se que o conceito de equilíbrio é algo utilizado no cotidiano de maneira corriqueira, porém não é abordado dentro da perspectiva do saber científico. Como exemplo temos a citação do conceito da energia potencial mínima, que a aluna descreve como sendo a “harmonia entre os corpos”. Ela compreende que existe um fenômeno ali, mas não consegue descrevê-lo corretamente porque ainda não formulou o conceito científico.

Fotografia 3 - Mapa mental criado por um estudante.



Fonte: O autor.

O MM mostrado na fotografia 3, tem como título “Mapa Conceitual”, no entanto trata-se de um Mapa Mental. O título desse mapa serviu para que o professor explicasse a diferença entre Mapa Mental e Mapa Conceitual.

A segunda aula tratou da explicação conceitual sobre os fenômenos que estavam relacionados com o equilíbrio dos corpos, com ênfase no CM e CG.

Afim de propor uma situação de fixar os novos conceitos aprendidos na estrutura cognitiva já existente dos educandos, neste momento, foi feita uma atividade experimental, baseada no método da descoberta, com a utilização de alguns bonecos

criado pelo autor deste trabalho, os quais possuíam seus centros de massa localizados em diferentes pontos dos bonecos.

Esta etapa é descrita nos passos sequenciais da UEPS, por Moreira (2011), como uma diferenciação progressiva dos conceitos, isto é, uma abordagem do conceito físico a partir de explicações simples e mais abrangentes visando explorar de maneira gradativa o fenômeno envolvido, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos explorados.

Na atividade experimental, os alunos precisavam supor os motivos das posições de repouso dos bonecos. Para facilitar essa explicação, eles poderiam manusear os bonecos e aplicar os conceitos vistos em sala de aula nas suas explicações.

Após alguns minutos de discussão, eles conseguiram explicar as posições de equilíbrio dos bonecos, relacionando-as às distribuições de massa, como mostram as fotografias 4 e 5, que retratam os bonecos em suas posições de equilíbrio e os bonecos abertos. Assim, tiveram a oportunidade de identificar a não uniformidade na distribuição interna da massa desses bonecos. Como resultado, os alunos conseguiram associar os conhecimentos físicos aprendidos durante a aula aos fenômenos observados.

após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de *um mapa* conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente. (MOREIRA, 2011, p. 04, grifo do autor).

Fotografia 4 - Bonecos “João-Bobo” diferentes



Fonte: O autor.

Fotografia 5 - Apontando o motivo das diferentes posições de equilíbrio.



Fonte: O autor.

Dando a continuidade sequencial da UEPS, iniciou-se o quarto momento sequencial, baseado em:

uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; (MOREIRA, 2011, p. 4).

A terceira aula foi uma aula expositiva sobre os conceitos de CG e CM dos corpos, cuja proposta foi “a integração de um novo conhecimento aos subsunçores dos educandos, conciliando os aspectos mais abrangentes com relação aos conhecimentos mais específicos” (MOREIRA, 2011, p. 5).

Ao final da aula, foi feita uma atividade lúdica com os alunos, como ilustrada na fotografia 6. Foi utilizado recurso de multimídia para apresentação de imagens de atrações circenses como corda bamba e perna de pau. Os alunos tiveram que explicar essas imagens utilizando os conceitos aprendidos até o momento. Ao final da aula o professor fez menção ao conceito de ângulo de tombamento, sugerindo o tema da próxima aula.

Fotografia 6 - Atividade apresentada na multimídia.



Fonte: O autor.

Retomando sequência da UEPS, a quarta aula foi a explicação do conceito de ângulo de tombamento, com ênfase em veículos e a possibilidade de acidentes. Esta aula foi composta de três etapas distintas, estruturadas de maneira a conduzir para uma aprendizagem significativa.

em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; (MOREIRA, 2011, p. 4)

O momento inicial teve como função explorar os subsunçores dos alunos com relação a presença do conceito de equilíbrio no cotidiano, pautados também nos conhecimentos vistos até o momento.

Para que os alunos pudessem compreender o novo conceito trabalhado, foi necessária uma explicação teórica com aula baseada em palestra, tomando o devido cuidado para que os conceitos não fossem apresentados de maneira desconexa ao aluno, mas sim, com significado. O momento final dessa aula foi a realização de uma experiência simples realizada inteiramente pelos alunos, cujo objetivo foi aplicar os conceitos trabalhados em sala.

O primeiro momento dessa aula foi a leitura de um artigo de jornal que citava problemas com as viaturas utilizadas pela segurança pública, cujo resultado era o excesso de acidentes. Nesse artigo, um político explica que a causa de tais acidentes está ligada à falta de aerodinâmica desses veículos para altas velocidades. Ao final dessa leitura, foi apresentado um vídeo sobre a falta de estabilidade das novas

viaturas da Polícia Civil, que relacionou o problema ao conceito de equilíbrio dos corpos trabalhados anteriormente.

Esta abordagem mostrou aos alunos que a falta de equilíbrio/estabilidade é um problema que pode causar acidentes graves. Desse modo, os alunos entenderam a importância de estudar temas que têm impacto direto no cotidiano da vida deles.

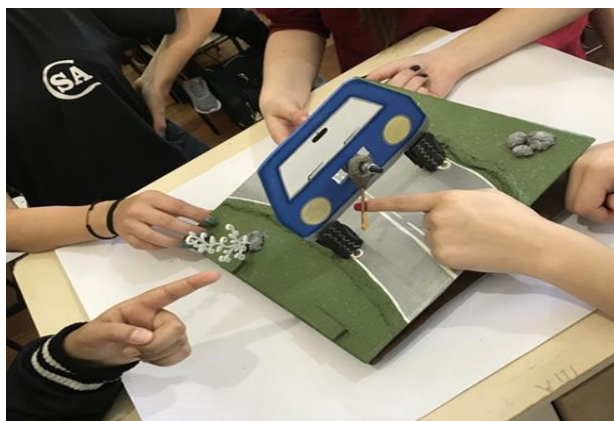
Nesta etapa, o professor buscou promover pequenos diálogos com a turma. Fez questionamentos sobre os fatos apresentados, apenas, sem dar muitas explicações sobre os conceitos envolvidos.

Na sequência, apresentou os conceitos de equilíbrio e ângulo de tombamento, situando-os na reportagem e no vídeo, sem, no entanto, abordar soluções matemáticas baseadas em vetores e operações com vetores.

O conhecimento matemático é de extrema importância para se resolver um problema físico, mas antes disso, faz-se necessário que o educando compreenda os conceitos básicos primeiramente, entendendo a influência da posição do CG e do CM no ângulo de tombamento. Assim, o professor apresentou um experimento aos alunos, representado nas fotografias 7 e 8. Nesse experimento um veículo é representado com o seu CG e com a força peso na forma de um ponteiro indicador. A função desse ponteiro é indicar a direção e o sentido da força peso na sua linha de ação e em relação ao eixo que passa pelo CG.

A base do veículo é inclinável, para que permita mostrar a variação da direção em que a força age, nas diversas variações de ângulo das superfícies em que o veículo está. Os alunos manusearam e exploraram o equipamento. Assim, conseguiram associar a situação-problema com os conceitos aprendidos na aula.

Fotografia 7 - Alunos manipulando o experimento sobre ângulo de tombamento



Fonte: O autor.

Fotografia 8 - Manipulando o experimento sobre ângulo de tombamento.



Fonte: O autor.

O último momento desta aula foi a conversa sobre algumas situações de tombamento envolvendo caminhões. Os alunos utilizaram os conceitos aprendidos em aula para explicar os acidentes.

Para iniciar o sexto passo sequencial proposto por Moreira (2011), momento esse que se caracteriza por uma etapa conclusiva, buscou-se conectar os subsunçores dos alunos aos novos conhecimentos recém aprendidos através de uma atividade de aprofundamento do tema, porém respeitando a diferenciação progressiva dos conhecimentos.

concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um *audiovisual*, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade. (MOREIRA, 2011, p. 4).

A quinta aula foi sobre o conceito de momento de uma força (torque), a aula iniciou com o vídeo de um desenho animado onde o personagem principal manuseava, de forma incorreta, uma catapulta, conforme aparece na fotografia 9.

Fotografia 9 - Alunos assistindo ao vídeo inicial.



Fonte: O autor.

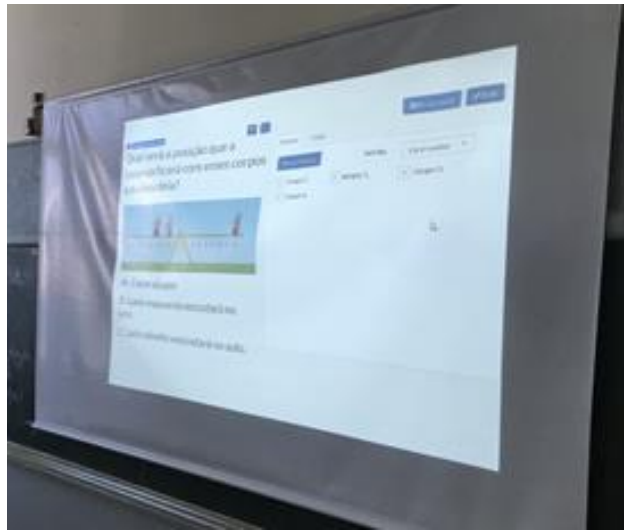
Por ser um desenho animado, provocou descontração na turma que, ao mesmo tempo em que divertiam, questionavam a situação apresentada utilizando os conceitos aprendidos. Isto possibilitou que o professor introduzisse o conceito e a definição de momento de uma força.

Ao final da explicação do conceito de momento de uma força, iniciou-se o processo de avaliação somativa dos alunos, o sétimo e último passo sequencial das UEPS. Além de todos os outros aspectos já avaliados pelo professor, entende-se que esta avaliação somativa deve ser executada na própria UEPS.

além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas 5 por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa. (MOREIRA, 2011, p. 4-5).

A avaliação formativa foi realizada na forma de perguntas e respostas apresentadas em recurso multimídia (fotografia 10) abordando questões sobre equilíbrio dos corpos e momento de uma força. Foi utilizada a plataforma *Plickers* de cartões com código QR para a coleta de respostas.

Fotografia 10 - Jogo de perguntas e respostas



Fonte: O autor.

A atividade do *Plickers* é disponibilizada online e pode ser projetada através do recurso multimídia na sala de aula. A leitura dos cartões de respostas é feita por um aparelho *smartphone* cadastrado na plataforma, conforme ilustra a fotografia 11. O *smartphone* envia as respostas para a plataforma, que por sua vez, contabiliza as respostas.

Fotografia 11 - Alunos mostrando os cartões respostas.



Fonte: O autor.

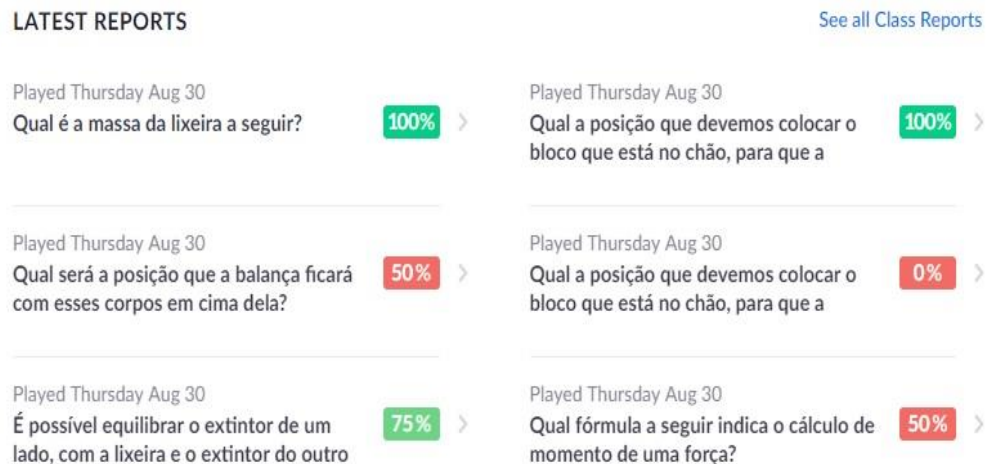
O processo de avaliação somativa dos alunos tem como objetivo verificar a aplicação dos conhecimentos aprendidos sobre o tema equilíbrio dos corpos na resolução de problemas que envolvem processos de cálculo.

As situações-problema variam de acordo com o grau de dificuldade da análise física envolvida.

A Figura 8 apresenta os percentuais de acerto fornecidos pela plataforma *Plickers*.

As perguntas e situações-problema trabalhadas estão representadas nas Figuras 9, 10, 11, 12, 13 e 14, com a análise de acertos, erros e relato das discussões feitas com a turma após o registro de cada resposta dada pelos grupos.

Figura 8 – Relatório de acertos e erros fornecido pela Plataforma *Plickers*



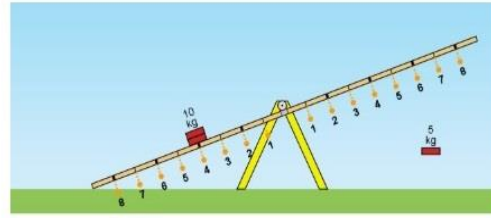
Fonte: O autor.

Ao analisar o desempenho dos alunos com relação as questões sobre o equilíbrio dos corpos, nota-se que os alunos obtiveram um desempenho positivo, com 100% de acerto dos grupos em três das seis questões. A análise dessa figura permite concluir que não houve qualquer acerto em apenas uma questão. Duas questões tiveram 50% de acertos. Nestes casos, houve imediato feedback após discussão e argumentação dos grupos sobre as suas respostas.

Na questão a seguir, das figuras 9 e 10, houve um engano na escolha da resposta correta por parte do professor ao programar esta resposta no aplicativo *Plickers*. A resposta correta era a letra D e o professor programou o aplicativo para registrar a alternativa C como correta. Mesmo o aplicativo registrando a resposta como errada (C), os alunos foram capazes de fornecer a resposta correta (D) e argumentar em favor dela, indicando evidência de aprendizagem significativa.

Figura 9 – Atividade em que ocorreu o engano de programação da resposta correta.

Qual a posição que devemos colocar o bloco que está no chão, para que a balança fique em equilíbrio?



- A** 1
- B** 6
- C** 3
- D** 8

Fonte: O autor.

Figura 10 – Relatório gerado pelo aplicativo, com respostas erradas



Fonte: O autor.

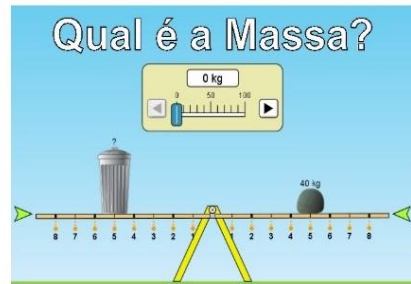
Para verificar a consolidação dos conceitos aprendidos, foi oferecido um problema cujo princípio físico são as condições de equilíbrio de um corpo. Neste problema o desafio era descobrir o valor de uma massa incógnita para que a balança

permanecesse em equilíbrio, Figura 11. Após a verificação da resposta correta, os alunos foram convidados a argumentar sobre o processo de escolha dessa resposta.

Figura 11 – Situação problema envolvendo as condições de equilíbrio.

**Qual é a massa da lixeira a seguir?**

- ☐ A 10
- ☐ B 20
- ☐ C 30
- ☒ D 40



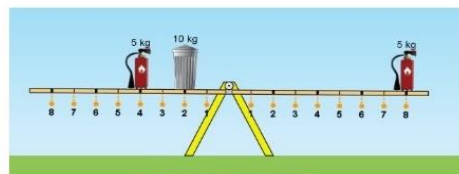
Fonte: O autor.

A fim de verificar a presença de pensamentos de níveis mais complexos – análise e aplicação em situações novas - foi oferecida uma questão envolvendo mais de um corpo sobre uma gangorra em equilíbrio, Figura 12.

Figura 12 – Problema envolvendo níveis mais complexos de pensamento

**Qual será a posição que a balança ficará com esses corpos em cima dela?**

- ☒ A Centralizado
- ☐ B Lado esquerdo encostará no solo.
- ☐ C Lado direito encostará no solo.



Fonte: O autor.

O resultado de 50% de acertos indica uma certa dificuldade em se aplicar os conceitos a novas situações.

Com relação a uma memorização da fórmula, utilizada no cálculo do Momento de uma Força, houve 50% de acerto na turma (figura 13), o motivo dos erros,

discutidos após a pergunta, foi devido a confusão da fórmula utilizada no ensino médio para o cálculo da força.

Figura 13 - Confusão entre a fórmula do momento de uma força e a fórmula da força.

**Qual fórmula a seguir indica o cálculo de momento de uma força?**

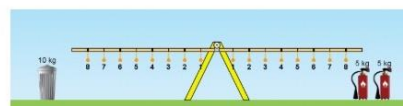
- ☐ A  $F = m \cdot a$
- ☐ B  $T = F \cdot d$
- ☐ C  $Mof = F \cdot a$
- ☒ D  $Mof = F \cdot d$

Fonte: O autor.

A última atividade do jogo de perguntas e respostas, mostrado na figura 14, era uma pergunta simples, questionando sobre a possibilidade de o sistema em questão poder ou não atingir o equilíbrio estático. Para responder tal questão, era necessário compreender o conceito somatório de forças e momentos de uma força que atuam em um sistema.

Figura 14 - Pergunta que não ficou bem esclarecida por um grupo.

**É possível equilibrar o extintor de um lado, com a lixeira e o extintor do outro lado?**



- ☒ A Sim
- ☐ B Não
- ☐ C É possível apenas se os extintores forem de CO2

Fonte: O autor.

Apenas um grupo errou a resposta da situação problema. Ao justificar sua resposta, o grupo alegou que não conseguiu pensar em uma configuração para que o

sistema ficasse em equilíbrio. Realizou-se um feedback imediato para que as dúvidas a respeito dos conceitos físicos envolvidos fossem esclarecidas.

A aula de encerramento desta unidade foi dividida em três etapas, todas utilizadas para realizar as atividades avaliativas da UEPS. A utilização de diferentes atividades avaliativas é justificada na situação de verificar o grau de aprendizagem dos educandos de forma não unilateral.

concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um *audiovisual*, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; (MOREIRA, 2011, p.4, grifo do autor).

A etapa inicial foi a criação de um MM, da mesma maneira da primeira aula da UEPS, também com o tema equilíbrio dos corpos. O mapa em comum das duas aulas, serviu como um critério de avaliação através da comparação na evolução pessoal, no entendimento e aprendizagem significativa dos alunos. Para Buzan (2009, p. 78): “Além disso, o aluno pode medir seu progresso recriando MM do zero e comparando o conhecimento que adquiriu àquele registrado no MM original.”.

O segundo momento foi a criação de um mapa colaborativo com a turma, mostrado na fotografia 12, semelhante a atividade feita na primeira aula da unidade, porém desta vez os alunos o escreveram, cada um deveria contribuir com uma palavra ou a explicação de um conceito, ao final discutiu-se o mapa, destacando-se os conceitos citados e o que foi aprendido durante as aulas.

Fotografia 12 - Mapa mental criado e escrito pela turma



Fonte: O autor.

Esta última do processo avaliativo é baseada naquilo que Buzan (2009, p. 80), afirma: “Outra vantagem dos Mapas Mentais é que, ao contrário do texto linear, eles

têm a flexibilidade de mostrar não apenas os fatos, mas também as *relações entre* eles, o que proporciona um maior entendimento.”, dando a oportunidade do educador avaliar além da obra, os processos que a formaram, como a explicação dos educandos ao escrever suas palavras no quadro ou sua concepção com relação a importância daquele termo para a compreensão do fenômeno do equilíbrio.

A última etapa da aula foi um diálogo com a turma. Dividida em grupos, deveriam citar uma situação do seu cotidiano e explicá-la com conceitos e conhecimentos aprendidos sobre equilíbrio dos corpos.

## 6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo da aplicação desta UEPS, foi possível perceber uma diferença no comportamento dos estudantes, pois a visão caricata da física matemática e abstrata ainda estava muito presente neles, revelando indícios da modificação das estruturas cognitivas do ser permanentemente.

Ao final da UEPS, os estudantes comentaram o quanto eles estavam aprendendo e se surpreendendo com os seus próprios resultados. Desse modo, efetiva-se a compreensão de que a aprendizagem significativa é aquela que ultrapassa os limites da sala de aula, estendendo-se para além do ambiente no qual o aluno está inserido. O conhecimento é entendido como aquilo que é necessário para a sua vivência diária.

A aula do ângulo de tombamento (quarta aula), foi a mais significativa para alguns, pois quando foram abordados problemas relacionados à segurança pública e a falta de segurança em rodovias, eles perceberam e declararam que a ignorância ou falta de conhecimento pode ser prejudicial para o indivíduo e para a sociedade.

Como resultado, percebeu-se o aumento do interesse dos alunos pelos aspectos formais da Física, seus conceitos e sua Matemática, pois eles foram capazes de perceber e entender que são muitas as coisas do cotidiano que podem ser explicadas e resolvidas pelos instrumentos que a Ciência oferece.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do conteúdo em situações do cotidiano é de suma importância pois, além de aproximar estas da Ciência, dá significado a ela. O conteúdo aprendido dentro da sala de aula torna-se significativo.

A escolha de ser um primeiro ano do curso técnico de formação de docentes foi algo planejado. Particularmente, é muito gratificante formar professores que atuarão no Ensino Fundamental I. Ensinar a ensinar é uma experiência rica em oportunidades para ambos os lados, pois o intercâmbio de conhecimentos, valores e significados permite o crescimento de todos, principalmente no que diz respeito ao futuro do ensino de Ciências no país.

O conceito de equilíbrio e desequilíbrio dos corpos, ao ser contextualizado em simples situações do dia a dia, como questões de aerodinâmica de veículos e discussões sobre segurança no trânsito, despertou o interesse nos alunos e motivou-os para a aprendizagem. Mas não basta contextualizar o conteúdo apresentando algumas aplicações do conteúdo no cotidiano. É preciso mais. É necessário que o conhecimento novo se torne significativo e que esteja ancorado nos subsunçores dos alunos. Assim, a proposta da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa proposta por Moreira, como método e organização, traduz-se numa ferramenta poderosa de aprendizagem significativa. Neste trabalho, ficou claro que os alunos foram capazes de explicar a relação entre as posições do CG/CM e as condições de equilíbrio e não equilíbrio quando observaram, por meio de um vídeo, a situação de tombamento de um veículo. A aprendizagem significativa tornou-se clara quando se observou que a explicação ocorreu de forma natural, sem que fosse necessário recorrer à simples memorização.

Um ganho importante nesse processo, foi a oportunidade que os alunos tiveram de descobrir que é possível utilizar a Ciência e os seus métodos para explicar e intervir em certos processos que estão presentes no cotidiano. É possível reduzir riscos, melhorar a vida das pessoas, propor soluções para sociedade. Tudo isso a partir das visões que a Ciência oferece a partir do ambiente da sala de aula.

Foi possível observar, também, que a articulação entre conceitos e matemática foi natural, pois a passagem do qualitativo para o quantitativo não ocorreu de forma rápida, mas foi amadurecida ao longo da execução da UEPS. Destaca-se aqui o papel do lúdico como organizador prévio e o experimento como estratégia de

aproximação do conteúdo a ser aprendido. O experimento é o tempo necessário para que as estruturas cognitivas dos alunos se acomodem em uma nova situação, pois primeiro ocorre a observação, que é seguida das hipóteses e das tentativas de explicá-las, que por sua vez são seguidas pelas etapas de relação e organização entre os dados para que, enfim, os significados se construam.

Assim, este trabalho mostrou que a aprendizagem significativa da Ciência é possível e ultrapassa a visão da simples memorização e reprodução de conteúdo. Também ficou claro que a UEPS proposta por Moreira é um instrumento importante para que isso ocorra, pois requer planejamento cuidadoso e uma visão clara de onde se pretende chegar, pois, no final das contas, é importante que tenhamos evidências de que a aprendizagem ocorreu, e que ocorreu de forma significativa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Guilherme de; RÉ, Pedro. **Observar o Céu Profundo**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

ALVES, Rubem. **Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras**. Brasília: Editora brasiliense, 1981.

ASSIS, André Koch Torres. **Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca**. Montreal: Apeiron, 2008.

ASSIS, André Koch Torres; RAVANELLI, Fábio Miguel de Matos. Reflexões sobre o conceito de centro de gravidade nos livros didáticos. **Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)**, v. 2, n. 2, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2015. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documento/BNCC-APRESENTACAO.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BUZAN, Tony. **Mapas mentais**. São Paulo: Sintaxe, 2009.

CABRERA, Waldirléia Baragatti. **A ludicidade para o ensino médio na disciplina de biologia**: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa. Dissertação. Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática – UEL - Londrina, Paraná. 158f. 2007.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

DORIN, Lannoy. **Psicologia na escola**. São Paulo: Do Brasil, 1983.

FEYNMAN, Richard Phillips; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de física de Feynman**: edição definitiva. Califórnia: Bookman, 2008.

GASPAR, Alberto. Cinquenta Anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: XV Encontro de Físicos no Norte e Nordeste, 2008, Natal - RN. **Anais [...]** XV Encontro de Físicos no Norte e Nordeste, 2008, Natal, Sociedade Brasileira de Físicos, p. 1-13. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3360182/mod\\_resource/content/0/CINQ%C3%9CENTA%20ANOS%20DE%20ENSINO%20DE%20F%C3%8DSICA.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3360182/mod_resource/content/0/CINQ%C3%9CENTA%20ANOS%20DE%20ENSINO%20DE%20F%C3%8DSICA.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **FUNDAMENTOS DE FÍSICA**. Volume 1: mecânica. 10ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2016.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

KHOURY JUNIOR, Joseph Kalil; SOUZA, Cristiano Márcio Alves de; RAFULL, Leidy Zulys Leyva; VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Simulação da estabilidade de tratores agrícolas 4 x 2**. Bragantia, v. 68, n. 1, 2009.

KHOURY JUNIOR, Joseph Kalil; DIAS, Gutemberg Pereira; CORDEIRO, Ricardo Reis; SOUZA, Cristiano, Márcio Alves de. **Modelagem da estabilidade de tratores agrícolas de pneus**. Área de Informação da Sede. Artigo em periódico indexado, 2004.

LEMO, Luiz Fernando Cuozzo; TEIXEIRA, Clarissa Stefani; MOTA, Carlos Bolli. Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 17, n. 4, p. 83-90, 2010.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de Enseñanza. Potencialmente Significativas-UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**. Porto Alegre, v.1, n.2, p.43-63, 2011.

NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

OLIVEIRA FILHO, Kepler S. **Parâmetros físicos e astronômicos**; UFRGS: 2016. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/dados.htm>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares da educação básica: Física**. Curitiba, 2008.

PENA, Rodolfo F. Alves. Monte Everest. **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/monte-everest.htm>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

PIVATTO, Brum; SCHUHMACHER, Elcio. Conceitos de teoria da aprendizagem significativa sob a ótica dos mapas conceituais a partir do ensino de Geometria Use of maps aiming conceptual teaching history of geometry in the light of significant learning. Revemat: **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 8, n. 2, p. 194-221, 2013.

PFROMM, S. M. **Psicologia da Aprendizagem e do Ensino**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

SANTOS, Jean Mac Cole Tavares. Exame Nacional do Ensino Médio: entre a regulação da qualidade do Ensino Médio e o vestibular. **Educar em revista**, v. 27, n. 40, p. 195-205, 2011.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Revista conceitos**, v. 55, n. 10, 2004.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, p. 72-85, 2007.

## **APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**OSNI DANIEL DE ALMEIDA**

***EQUILIBRIUM: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL E CONTEXTUALIZADA DO  
CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS***

**PONTA GROSSA  
2020**

**OSNI DANIEL DE ALMEIDA**

***EQUILIBRIUM: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL E CONTEXTUALIZADA DO  
CONCEITO DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade.

**PONTA GROSSA  
2020**

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01: A indicação do centro de massa.....                      | 74 |
| Figura 02: Indicação do cg do anel.....                             | 76 |
| Figura 03: Um edifício com 1.000m de altura.....                    | 78 |
| Figura 04: Boneco João-bobo.....                                    | 79 |
| Figura 05: Indicação do CG e CM de um boneco João-Bobo.....         | 80 |
| Figura 06: O CG de um veículo.....                                  | 81 |
| Figura 07: Ação do CG em veículo inclinado.....                     | 81 |
| Figura 08: Bonecos em posições diferentes.....                      | 89 |
| Figura 9: Bonecos aberto com as esferas metálicas amostra.....      | 90 |
| Figura 10: Boneco 1.....                                            | 90 |
| Figura 11: Interior do Boneco 1.....                                | 90 |
| Figura 12: Boneco 2.....                                            | 91 |
| Figura 13: Interior do boneco 2.....                                | 91 |
| Figura 14: Boneco 3.....                                            | 91 |
| Figura 15: Interior do boneco 3.....                                | 91 |
| Figura 16: Experimento que mostra ângulo de inclinação.....         | 92 |
| Figura 17: Ponteiro para indicar o ângulo de inclinação.....        | 92 |
| Figura 18: Ponteiro indicando a ação do campo gravitacional.....    | 93 |
| Figura 19: Veículo inclinado e ponteiro indicando a inclinação..... | 93 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 APRESENTAÇÃO.....</b>                                                                        | <b>72</b> |
| <b>2 O EQUILÍBRIO.....</b>                                                                        | <b>73</b> |
| 2.1 INTRODUÇÃO.....                                                                               | 73        |
| 2.2 O CENTRO DE MASSA E O CENTRO DE GRAVIDADE.....                                                | 73        |
| 2.3 O TORQUE.....                                                                                 | 82        |
| <b>3 SITUAÇÕES QUE ENVOLVEM O EQUILÍBRIO.....</b>                                                 | <b>83</b> |
| <b>4 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA.....</b>                                    | <b>84</b> |
| 4.1 PASSOS SEQUENCIAIS.....                                                                       | 84        |
| 4.1.1 Situação inicial.....                                                                       | 84        |
| 4.1.2 Situações-problema.....                                                                     | 84        |
| 4.1.3 Revisão.....                                                                                | 85        |
| 4.1.4 Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade.....                             | 86        |
| 4.1.5 APLICAÇÃO DO CONCEITO COMO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DAQUILO QUE FOI ENTENDIDO ATÉ O MOMENTO..... | 87        |
| 4.1.6 AULA EXPOSITIVA DIALOGADA INTEGRADORA FINAL.....                                            | 87        |
| 4.1.7 Avaliação da aprendizagem na UEPS.....                                                      | 88        |
| 4.1.8 Avaliação da própria UEPS.....                                                              | 88        |
| <b>5 PLANOS DE AULA PARA A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA.....</b>                | <b>88</b> |
| <b>6 A CONSTRUÇÃO DOS MATERIAIS PEDAGÓGICOS.....</b>                                              | <b>89</b> |
| 6.1 CONFECÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....                                                               | 89        |
| 6.2 MONTAGEM DO BONECO 1.....                                                                     | 90        |
| 6.3 MONTAGEM DO BONECO 2.....                                                                     | 91        |
| 6.4 MONTAGEM DO BONECO 3.....                                                                     | 91        |
| 6.5 A CONSTRUÇÃO DE UM MAPA MENTAL.....                                                           | 93        |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                | <b>95</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                           | <b>95</b> |
| <b>APÊNDICE B.....</b>                                                                            | <b>98</b> |

## 1 APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é voltado para educadores. É uma proposta para o ensino de Equilíbrio dos corpos baseada na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Moreira com temática lúdica.

Nesta UEPS é apresentada uma sequência didática baseada em planos de aula que têm como início a abordagem lúdica como organizador prévio e evoluem para a construção conceitual e abstrata de equilíbrio dos corpos na perspectiva da aprendizagem significativa.

Como atividades experimentais fazem parte dessa UEPS, explicamos como construir os bonecos João-Bobo (a família Bobo) e o simulacro de veículo para demonstrar a relação CG/CM e a condição de tombamento.

O conceito de equilíbrio dos corpos é uma unidade temática da Física Clássica que envolve conceitos físicos que nem sempre são bem entendidos pelos alunos e que, muitas vezes, não passam de simples aplicações de fórmulas com resultados bastante previsíveis.

A mecânica clássica é comumente trabalhada no primeiro ano do ensino médio, pois contém conceitos necessários para entender fenômenos de maior complexidade dentro de outros ramos da Física. Segundo as Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná para o Ensino de Física (2008), ao se falar de conceitos básicos, estamos falando de conceitos estruturantes. Os conceitos de equilíbrio e não-equilíbrio fazem parte desses conceitos estruturantes, importantes não só na Física, mas também na Química e Biologia, por exemplo.

Segundo Assis e Ravanelli (2008), o ensino de equilíbrio dos corpos se concentra no uso de fórmulas para localizar geometricamente o centro de gravidade e centro de massa de um corpo, que ocorre logo após uma explicação teórica simples e em algumas vezes confusa.

Trabalhar além das explicações maçantes e confusas, do uso de formulários e de memorização, é papel do ensino de Física. É preciso ultrapassar o ensino sem significado para o aluno, pois é comum ouvir dos estudantes, após a conclusão do ano letivo, que “aquilo não serve pra nada”.

O educador em alguns momentos, pode promover diálogos, arrancar sorrisos e admiração dentro da sala de aula, mas muitas vezes isso não é o suficiente para que fomenta o desejo dos educandos em aprender física. Recorrer ao ensino lúdico é

uma estratégia que pode ser muito útil ao educador, porém deve-se tomar cuidado para que a magia dentro da sala de aula não se transforme em uma grande brincadeira sem nenhuma aprendizagem.

Preparar e planejar é imprescindível para a aprendizagem, entre as nomeações e explicações para o termo aprendizagem, pode-se dizer que a aprendizagem significativa é aquela que melhor preencherá o vazio da “falta de importância” que os educandos tem nos conceitos físicos aprendidos, pois os mesmos poderão compreender que a física é muito útil e importante em seu cotidiano, dentro e fora da sala de aula.

O conceito de equilíbrio dos corpos, é utilizado nas situações mais simples, como ficar em pé, fixar um objeto em determinado lugar, andar de bicicleta, na construção civil, etc. O papel do docente, ao trabalhar esta unidade, é de buscar objetos, experimentos e exemplos que facilitem a compreensão dos alunos de maneira significativa.

Na presente UEPS, foram utilizados como exemplos atividades circenses, situações da construção civil, automobilismo, desenhos animados e brinquedos infantis.

## **2 O EQUILÍBRIO**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

O presente produto educacional é voltado exclusivamente a professores de Física do Ensino Médio, portanto, o conteúdo aqui apresentado sobre equilíbrio dos corpos também é voltado para este grau de ensino, embora lancemos mão de algumas definições que têm origem em livros de curso superior.

### **2.2 O CENTRO DE MASSA E O CENTRO DE GRAVIDADE**

Para Nussenzveig (2002), em um sistema de muitas partículas, a partir da terceira lei de Newton, o momento total destas partículas se conserva ao fato deste sistema estar em equilíbrio. As forças atuantes nesse sistema de partículas são definidas como forças internas e externas. Para que essa condição seja válida, o somatório destas forças deve ser nulo. Para uma análise mais facilitada, esse sistema

de partículas se resume a um ponto, uma partícula, sendo esta partícula representativa denominada do CM deste corpo.

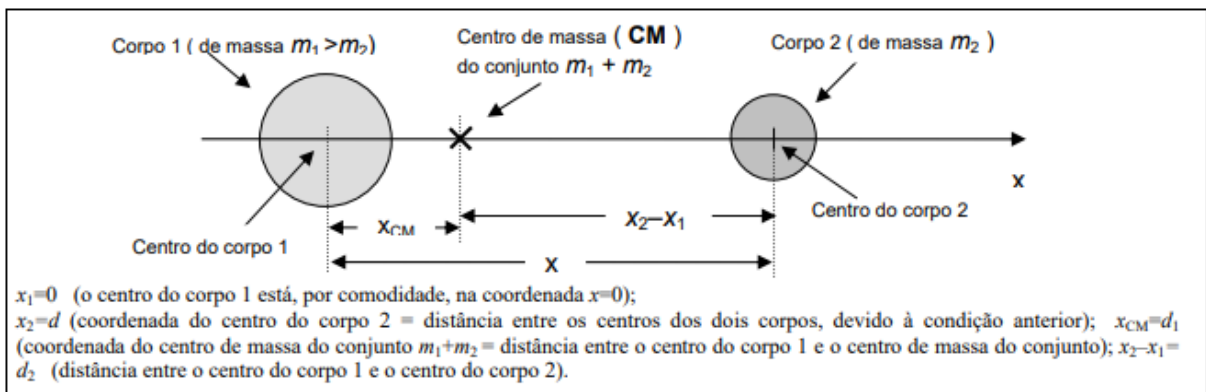
Segundo Assis (2008), o CM de qualquer corpo, independentemente de suas dimensões é um ponto cuja massa do sistema esteja toda concentrada ali. Em corpos homogêneos e uniformes, considera-se um ponto geométrico central.

Sendo também definido por Halliday, Resnick e Walker (2016), como um ponto hipotético no qual todo o sistema de partículas deste sistema ou corpo está ali concentrado, e todo movimento, ação ou força de atuação desse sistema estão atuando sobre este ponto.

Para Almeida e Ré (2000), A definição do CM, é um ponto médio da distribuição de partículas, assim como é mostrado na figura 01.

A coordenada  $x$  do CM é, por definição, a média ponderada das coordenadas  $x$  dos centros dos diversos corpos (partículas) constituintes do sistema, de tal modo que o *factor* de ponderação para cada corpo é a respectiva massa (o CM está, portanto mais próximo da maior massa e mais afastado da menor massa). (ALMEIDA; RÉ, 2000, p. 2).

Figura 1 – A indicação do centro de massa



Fonte: ALMEIDA; RÉ (2000)

A partir da definição teórica de Almeida e Ré (2000), surge a necessidade de uma análise matemática para a posição deste CM a partir de um ponto médio.

Para a compreensão da definição da localização do ponto médio de um corpo, é analisada a interpretação de Halliday, Resnick e Walker (2016). Os autores compreendem que o ponto que o CM se localiza em um sistema de muitas partículas é definido pela seguinte relação (2.2.01) a seguir:

$$x_{cm} = \frac{m_1x_1 + \dots + m_Nx_N}{M} \quad (2.2.01)$$

Sendo  $N$  o número de partículas deste sistema, e  $m$  a massa e  $x$  a posição de cada partícula respectivamente.  $M$  é a massa total do sistema.

Matematicamente analisando, este somatório da equação (2.2.01), é definido por:

$$x_{cm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N m_i x_i \quad (2.2.02)$$

Sendo que, este somatório de partículas com massa infinitesimal, a posição do CM é calculado a partir da integração:

$$X_{cm} = \frac{1}{m} \int x \, dm \quad (2.2.03)$$

Como em uma situação real, esta integração (2.2.03), é extremamente difícil de ser calculada e fora dos padrões de ensino propostos por Brasil (2015), sendo assim, é utilizado apenas corpos homogêneos para fins didáticos de estudo e análise.

Para corpos homogêneos, o CM está localizado no ponto médio deste corpo, e a partir da integração, é perceptível a que a posição do CM tende a se aproximar da concentração de massa de um corpo, permitindo assim, a definição de uma posição aproximada do CM para um corpo não homogêneo, sendo suficiente para a compreensão dos conceitos e situações abordados durante a UEPS.

Para Lemos, Teixeira E Mota (2010), o CG é o ponto onde o vetor força peso atua com o campo gravitacional gerado pelo sistema sobre o qual esta quantidade de massa se encontra. Sendo assim, é necessário compreender que a massa de um corpo ao estar submetida em um campo gravitacional, exercerá uma força de atração com o corpo gerador deste campo gravitacional.

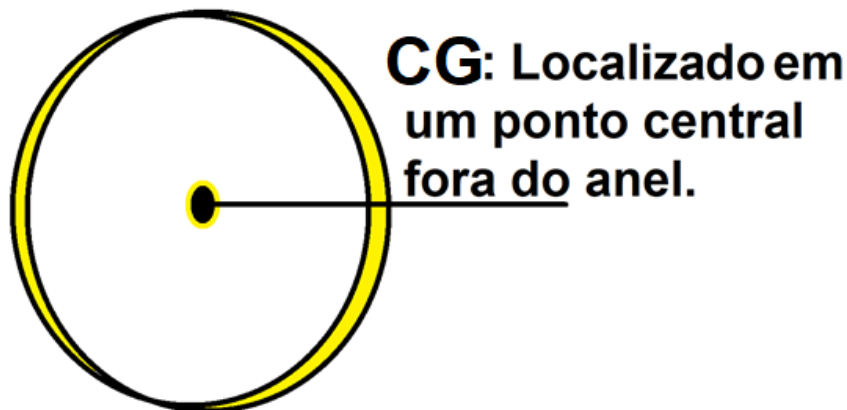
Definindo assim, em Lemos, Teixeira e Mota (2010, p. 84): “No corpo humano o CG coincide com o CM. O CM é o lugar geométrico de massas e, portanto, *independente* de qualquer campo gravitacional, enquanto que, o CG é o ponto de aplicação de vetor que representa o peso do corpo”. Assis (2008, p. 50, grifo do autor): “Como curiosidade histórica vale informar que Arquimedes foi o primeiro a demonstrar teoricamente que o centro de gravidade dos círculos coincide com o centro dos círculos...”. Porém esta afirmação contraria algumas leis da Física, pois a força gravitacional estaria atuando no vazio do anel, logo isso não seria possível, então Assis (2008), define CG de diversas formas ditas como provisória em sua obra. Para esta situação, temos a seguinte explicação:

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 2008, p.62).

Para fins didáticos, não é necessário que o centro de massa esteja dentro do sistema de partículas, um exemplo é de um anel circular, uma aliança comum, seu centro de massa está em um ponto central, fora do corpo, como mostra a figura 2:

Figura 2 – Indicação do cg do anel



Fonte: O autor

A partir das definições que Assis (2008) oferece sobre o de centro de gravidade, a fim de se obter uma visão mais simples para o aluno do ensino médio, defini o centro de gravidade como: O centro de gravidade de qualquer corpo, independentemente de suas dimensões, é um ponto hipotético sobre o qual é considerado que toda ação do campo gravitacional está agindo neste único ponto e que, fisicamente falando, não seria possível a ação gravitacional em uma única partícula, porém, este conceito simplifica os cálculos e torna mais fácil a compreensão do conceito de equilíbrio no corpo.

As definições de CM e CG são conceitos distintos, de uma maneira simplificada, pode-se diferenciá-los como uma grandeza escalar e uma grandeza vetorial, respectivamente, porém, geometricamente falando, em um corpo com as dimensões desprezíveis em relação ao planeta Terra, considera-se que eles estão no mesmo lugar.

Nos dias atuais, se fosse possível a construção de um prédio com 1.000m de altura, a diferença entre a aceleração gravitacional do primeiro andar (0 m de altitude, ao nível do mar) e do último andar (1.000m em relação ao nível do mar) seria menor que 1%. Como é demonstrado através do cálculo a seguir:

Para demonstrar a diferença entre força gravitacional entre o alto de um prédio de 1000 m de altura ( $F_A$ ), com relação a força gravitacional na superfície da terra ( $F_T$ ), será através da seguinte relação:

$$\vec{F}_T = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \hat{r} \quad (2.2.04)$$

e

$$\vec{F}_A = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \hat{r} \quad (2.2.05)$$

O valor de  $d$  (distância) na equação (2.1.04) é, segundo Oliveira Filho (2016), 6.378,1366 km  $\approx$  6.378.000 m, correspondendo ao raio equatorial do planeta Terra.

O valor da incógnita  $d$  na equação (2.2.05) é o raio equatorial do planeta Terra acrescido de 1000 m, a altura do prédio, 6.379.000 m.

A razão entre  $F_A$  e  $F_T$ , em módulo, é dada pela equação (2.2.06) a seguir:

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}}{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}} \hat{r} \quad (2.2.06)$$

Como o valor da constante gravitacional  $G$  e as massas são as mesmas, logo a simplificação se torna trivial. Desenvolvendo a equação nos passos (2.2.07), (2.2.08), (2.2.09), (2.2.10), e (2.2.11) temos que:

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{\frac{1}{6.379.000^2}}{\frac{1}{6.378.000^2}} \hat{r} \quad (2.2.07)$$

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{1}{6.379.000^2} \cdot \frac{6.378.000^2}{1} \hat{r} \quad (2.2.08)$$

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{6.378.000^2}{6.379.000^2} \hat{r} \quad (2.2.09)$$

$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{4,0678884 \cdot 10^{13}}{4,0691641 \cdot 10^{13}} \hat{r} \quad (2.2.10)$$

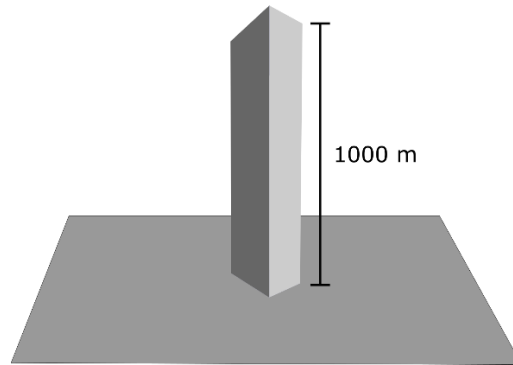
$$\frac{F_A}{F_T} = \frac{4,0678884}{4,0691641} \hat{r} \quad (2.2.11)$$

A partir do resultado obtido, concluímos que a razão entre o módulo de  $\vec{F}_A$  por  $\vec{F}_T$ , é:

$$\frac{F_A}{F_T} = 0.9996865 \quad (2.2.12)$$

Assim, concluímos que, por meio do resultado obtido em (2.2.12), a diferença entre a força gravitacional no alto e na base de um prédio de 1000 m de altura, como mostrado na Figura 3, pode ser considerada desprezível para fenômenos do cotidiano.

Figura 3 – Um edifício com 1.000m de altura.



Fonte: O autor.

Para efeito de comparação com o caso do edifício de 1.000 m, consideremos o ponto mais alto do planeta Terra, que Segundo Pena (2009), é:

O Monte Everest é uma montanha onde se encontra o ponto mais alto do mundo, com 8.848 metros de altura em relação ao nível do mar. Porém, ele não é a maior montanha do planeta quando tomada a distância do seu topo em relação ao centro da Terra, título que pertence ao Monte Chimborazo, localizado no Equador. O Everest encontra-se na Cordilheira do Himalaia, uma cadeia de montanhas localizada na fronteira da China com o Nepal e que se estende por Índia, Butão e Paquistão. (PENA, 2009, p. 1)

No caso do Monte Everest, a razão entre  $F_A$  e  $F_T$ , é 0,9972312, isto mostra que, mesmo assim, a diferença entre a força gravitacional na superfície da Terra e no topo do Everest pode ser considerada desprezível para aplicações do cotidiano.

Desse modo, conclui-se que, segundo a Lei da Gravitação Universal de Newton, verifica-se que é praticamente impossível que o aluno consiga presenciar um local, ou encontrar um corpo, onde o campo gravitacional agindo sobre ele não seja homogêneo, então, para fins didáticos, considera-se que o centro de massa e centro de gravidade se encontram no mesmo ponto.

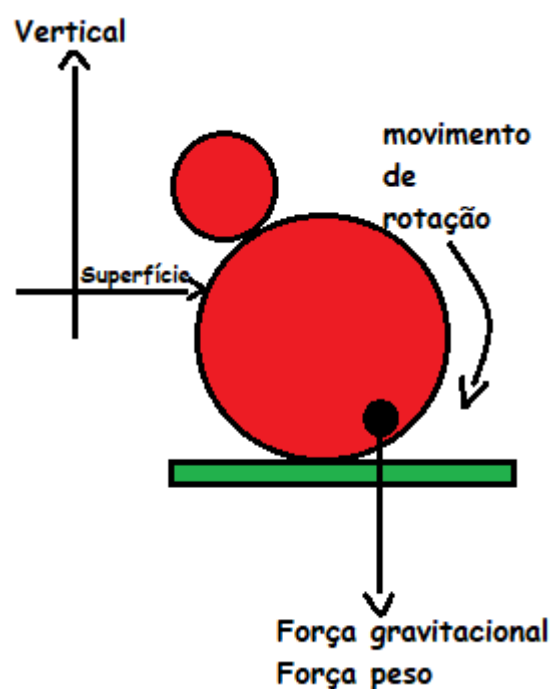
Pois, segundo Assis (2008, p. 55), o CG é definido como:

Chamamos de centro de gravidade de um corpo ao ponto de aplicação da força gravitacional. Ou seja, é o ponto neste corpo onde atua toda a gravidade, o ponto onde se localiza o peso do corpo. Ele também pode ser chamado de centro do peso deste corpo.

A posição do CM e CG de um corpo pode ser alterada, propositalmente ou não. Um exemplo do efeito dessa alteração é a fabricação dos bonecos popularmente conhecidos como “João-Bobo” ou “João-Teimoso”, que funcionam da seguinte maneira: o boneco inicialmente está em pé e repouso, quem manuseia o brinquedo aplica uma força perpendicular ao plano sagital do boneco e ele balança para os lados, porém, após um certo tempo, retorna à posição inicial, que é a posição de equilíbrio do boneco. Este fenômeno pode ser explicado e interpretado da seguinte maneira, segundo outra definição provisória que Assis dá para o CG: “O centro de gravidade é o ponto no corpo tal que se o corpo for apoiado por este ponto e solto do repouso, vai permanecer em equilíbrio em relação à Terra.” (ASSIS, 2008, p. 54).

Este efeito do brinquedo ficar sempre em pé é devido ao fato de que a maior concentração de sua massa está no apoio do boneco, como mostra a figura 4:

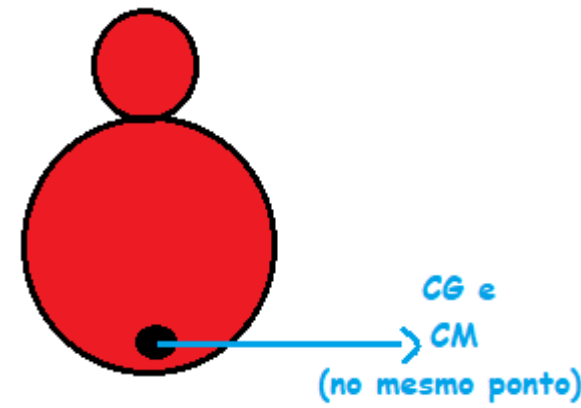
Figura 4 - Boneco João-bobo.



Fonte: O autor.

Verifica-se na figura 5 que o centro de massa e o centro de gravidade estão no mesmo ponto. O boneco é feito em material leve, geralmente de algum tipo de plástico. Na sua base é colocada uma pequena esfera metálica ou um preenchimento de areia, para que a maior concentração de massa se concentre nesse ponto.

Figura 5 – Indicação do CG e CM de um boneco João-Bobo.



Fonte: O autor.

Para compreender o comportamento do boneco, é imprescindível a conhecimento da definição de equilíbrio:

Para Assis (2008), o equilíbrio estável é definido como uma relação de estabilidade a qual o ponto de apoio do corpo está localizado abaixo do centro de gravidade. sendo assim, a qualquer perturbação da posição de equilíbrio do corpo ele oscilará até retornar à posição inicial.

Assis (2008) afirma que, o equilíbrio indiferente ocorre quando qualquer oscilação no ponto de equilíbrio não modifica a altura do CG em relação à Terra. Nesta situação, o corpo mantém o equilíbrio independentemente da posição em que é submetido.

Assis (2008, p. 80) descreve o caso do equilíbrio instável da seguinte maneira:

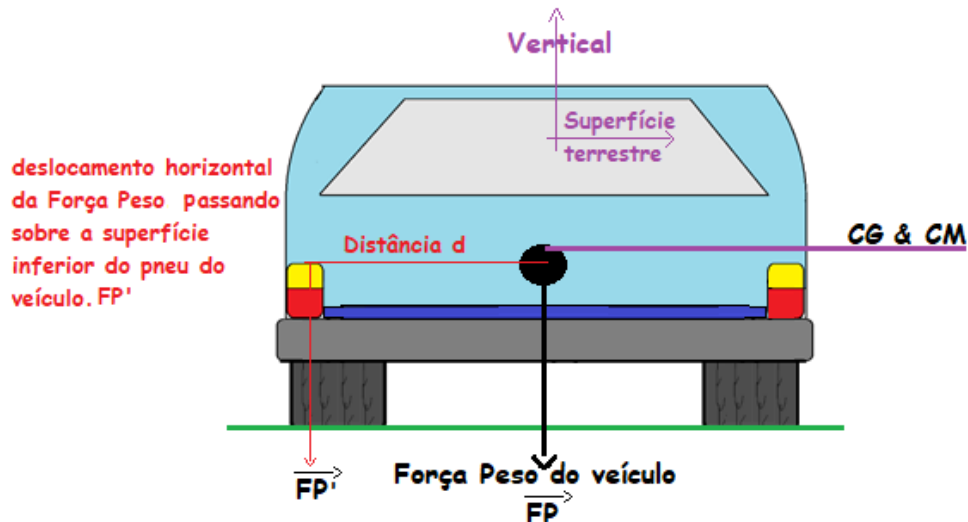
Casos em que o centro de gravidade está verticalmente acima da região de apoio e, além disso, quando qualquer perturbação no estado do corpo faz com que o CG desça. Observa-se que qualquer perturbação na posição do corpo fará com que o centro de gravidade se afaste da posição inicial, sem voltar a ela. Por este motivo esta situação recebe o nome de equilíbrio instável. (ASSIS, 2008, p. 80)

A partir dos estudos de Khoury Junior et al. (2009), e, Khoury Júnior et al. (2004), relacionados a maquinários agrícolas, podemos compreender que os fenômenos ali trabalhados também se relacionam com veículos em situações de equilíbrio estável, instável e indiferente.

A figura 6 é a representação ilustrada da vista traseira de um veículo. O CG e CM desta ilustração encontram-se próximos ao chassi do veículo. Prolongando a ação da força peso do veículo, que é representada por FP, para um ponto situado a uma

distância  $d$ , teremos  $FP'$ , perpendicular à superfície de separação entre o pneu e o solo. Este é o ponto de apoio, responsável pela posição de equilíbrio do veículo.

Figura 6 – O CG de um veículo.

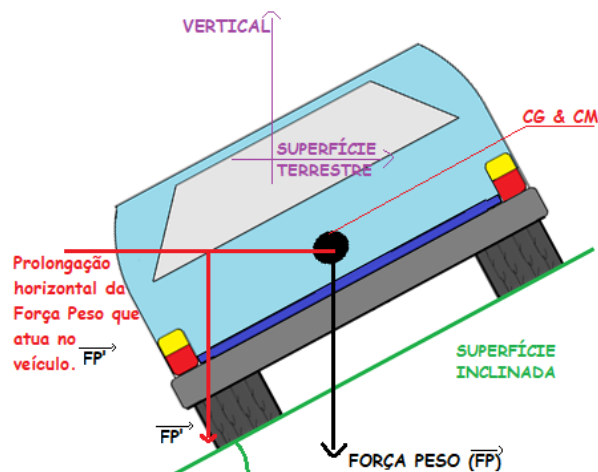


Fonte: O autor.

Um veículo pode-se facilmente inclinar e umas das consequências dependendo do ângulo de inclinação, é modificar sua posição de equilíbrio a tal ponto que a causa é o tombamento desse veículo.

Segundo Khoury Junior et al. (2009), o ângulo da posição de um veículo agrícola em relação a uma pista inclinada é o fator que provoca a falta de estabilidade lateral deste veículo, como está ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Ação do CG em veículo inclinado.



Fonte: O autor.

Na Figura 7, é representado um veículo que se encontra em uma superfície inclinada. A linha de ação da força peso  $FP$ , ao ser prolongada horizontalmente, representada pela força  $FP'$ , passa pela parte lateral do pneu. Como consequência, a superfície lateral do pneu passa a ser o novo ponto de apoio do veículo.

Ao modificar a direção e o sentido da Força atuando no CG de um corpo, sua posição de equilíbrio é alterada. O princípio do ângulo de tombamento, é uma explicação para quando um objeto sofre uma inclinação e muda sua posição de equilíbrio, estendendo-se para outros objetos, além de veículos e bonecos “João-Bobo”.

### 2.3 O TORQUE

Para Hewitt (2002), o torque se difere da força assim como a inércia rotacional é igualmente diferente da inércia ordinária. A inércia rotacional é dependente do ponto de aplicação de uma força até o ponto ou eixo de rotação que este corpo apresenta. A vantagem mecânica é a realização de uma força menor do que a necessária para retirar o corpo do seu movimento inercial. A alavanca mecânica, ou braço de alavanca é a aplicação de um ponto que ocasiona uma vantagem mecânica à rotação de um corpo.

Para Halliday, Resnick e Walker (2016), o momento de uma força é o movimento rotacional, ou a tendência de rotação, ao redor de um ponto fixo, que um objeto experimenta ao ser submetido a uma força  $\vec{F}$ . Se a força  $\vec{F}$  é aplicada sobre um ponto estabelecido pelo vetor posição  $\vec{r}$  em relação ao eixo, o módulo do torque é definido na equação (5.2.01) a seguir:

$$\tau = \vec{r} \perp \vec{F}_t = rF \sin \phi \quad (5.2.01)$$

Sendo  $\vec{F}$  perpendicular ao vetor posição  $\vec{r}$  e  $\phi$  o ângulo entre  $\vec{F}$  e  $\vec{r}$ . Ao ser definido de maneira escalar, o torque tem valor negativo para o sentido horário e positivo para sentido anti-horário.

Para que um corpo se encontre em equilíbrio estático, além da somatória das forças que atuam sobre esse corpo ter que ser nula, a somatória dos torques também deverá ser nula (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

### 3 SITUAÇÕES QUE ENVOLVEM O EQUILÍBRIO

São várias as situações do cotidiano que envolvem o conhecimento sobre o conceito de equilíbrio. Assim, o professor poderá escolher, dentre essas várias situações, aquela que ele possua maior familiaridade e/ou seja mais atrativa para o estudante.

Uma situação interessante é sobre a estrutura de grandes edifícios. Ao analisar seus dimensionamentos, percebe-se que, quão mais alto for a edificação, maior será a largura de sua base em relação ao topo.

A correlação entre as diferentes situações que envolvam o equilíbrio dos corpos, permite relacionar grandes edifícios com a produção de confeitos, como por exemplo em bolos comumente utilizados em casamentos. Os bolos também possuem a maior concentração de massa por volume na sua base. A intenção é posicionar o seu centro de gravidade o mais próximo possível da base para que ele adquira uma maior estabilidade, como é discutido matematicamente para corpos abstratos por Halliday, Resnick e Walker (2016).

A relação entre o posicionamento do centro de gravidade e a estabilidade dos corpos também é utilizada em veículos, principalmente para se entender a relação entre a ação da força gravitacional e o ângulo de tombamento.

O ângulo de tombamento discutido por Khoury Junior et al. (2009) e Khoury Júnior et al. (2004) envolve diversos outros fatores e fenômenos físicos que dificultam a sua compreensão, no entanto, o seu entendimento é necessário para que acidentes sejam evitados.

A utilização de vídeos sobre capotamento de veículos, permite mostrar aos alunos, de uma maneira visual, que a falta desse conhecimento é perigosa, como é o caso do vídeo mostrada na terceira aula. Neste vídeo, um caminhão basculante descarrega uma carga sob o olhar atendo de um espectador que filma toda a operação. Mesmo antes do desfecho do vídeo, os alunos foram capazes de prever o resultado de tal ação, o que não foi percebido pelo observador que estava filmando. O caminhão tombou.

O conceito final da unidade, momento de uma força – torque -, é algo também que existe nos mais diversos locais e situações, como por exemplo, em armas medievais chamadas catapultas, torneiras, portas, etc. O professor pode,

perfeitamente, trazer estes elementos do cotidiano ou exemplos para dentro da sua sala de aula e, assim, tornar a aprendizagem da Física mais interessante.

#### **4 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Para que seja possível um método de trabalho organizado, a fim de propor situações que favoreçam a aprendizagem significativa, é necessário a organização formal da UEPS (MOREIRA, 2011).

A sequência didática proposta neste trabalho é composta de seis aulas, que possuem o objetivo de ensinar, de forma significativa, o conceito de equilíbrio dos corpos para os alunos.

Cuidadosamente planejada, a UEPS, segue de forma gradativa com relação a dificuldade dos conteúdos trabalhados, tendo os extremos divididos da seguinte maneira: em um primeiro momento acontece apenas um diálogo introdutório sobre o assunto, a fim de investigar e também aguçar os subsunçores dos alunos, já a última etapa é a da avaliação da aprendizagem significativa. Moreira (2011), sugere, além de outras formas de avaliação, que ocorra uma avaliação escrita, ou seja, a verificação de aprendizagem através de “provas”. Este instrumento de avaliação não é algo condenável, porém o educador deve tomar cuidado para que não seja apenas uma cobrança de conteúdos memorizados.

##### **4.1 PASSOS SEQUENCIAIS**

###### **4.1.1 Situação inicial**

Em uma conversa inicial com os alunos, iremos discutir sobre o que é o equilíbrio de um corpo, isto é o conceito, a ideia de equilíbrio. Os alunos deverão mostrar os conceitos que eles trazem sobre o assunto e como esses conceitos se relacionam com o seu cotidiano. *Duração deste momento: início da 1ª aula.*

###### **4.1.2 Situações-problema**

O professor deve começar a direcionar a discussão inicial, fazendo com que os alunos comecem a pensar de maneira mais clara sobre o assunto, pedindo que eles

tentem explicar os exemplos dados por eles, utilizando os conceitos físicos já aprendidos anteriormente nas aulas, através de algumas perguntas, do tipo:

O que é o equilíbrio?

Como percebemos o equilíbrio nos corpos quando estão parados?

E possível existir um equilíbrio de um corpo quando ele está em movimento?

Quais são os fatores que influenciam o equilíbrio de um corpo ou sistema?

Será que utilizamos estes conceitos em ações do nosso dia a dia?

Após a discussão das questões feitas aos alunos, o professor deverá anotar as respostas dos alunos no quadro de giz, sempre mantendo um acordo com os alunos durante os apontamentos com relação a hierarquização dos tópicos, ou seja, aquilo que eles acreditam que sejam mais relevantes e fundamentais ao conteúdo a ser estudado.

Ao final desta etapa, o professor deve propor para que cada aluno, individualmente, crie uma situação em que ele utilizará os conceitos de equilíbrio, e deverá hierarquizar estes conceitos através de um mapa mental. Ao término da atividade, o professor selecionará alguns alunos para que apresentem, de forma rápida, a sua situação criada e comente o seu mapa mental. É importante que todas as atividades sejam feitas em conjunto dentro da sala de aula. *Duração deste momento: Final da primeira aula e início da segunda aula.*

#### 4.1.3 Revisão

Neste momento, o professor apresenta os bonecos João-Bobo para os alunos. Cada um desses bonecos possui uma posição de equilíbrio diferente. Os alunos poderão olhar, investigar, apalpar e manusear os bonecos. Em grupos, os alunos proporão explicações físicas para os comportamentos dos bonecos. O professor não deve interferir na investigação ou na discussão dos alunos.

Após a investigação do aluno, o docente deverá questionar os grupos sobre suas conclusões acerca do experimento feito com os bonecos, eles deverão tentar explicar o motivo das diferentes posições de equilíbrio e a função de cada componente do boneco.

O professor deverá escutar as explicações dos grupos e, ao final, deverá explicar o motivo dos bonecos terem aquele comportamento, relacionando seus conhecimentos e explicações com as explicações feitas pelos educandos, mas não

poderá corrigi-los de maneira a repreender o aluno sobre conceitos corretos ou errados. O professor deverá construir com os alunos o caminho dos conceitos físicos corretos.

O objetivo dessa atividade com os bonecos é estimular a curiosidade dos alunos e, ao mesmo tempo, recuperar os seus subsunçores. Neste momento da aula o aluno liga a atividade dos bonecos aos conceitos discutidos nas duas primeiras aulas. É importante que as atividades sejam feitas por todos dentro da sala de aula, que todos tenham a oportunidade de falar e apresentar as suas concepções. *Duração deste momento: uma aula.*

Após a execução das duas primeiras aulas da UEPS, que correspondem aos três primeiros momentos de nível de complexidade menor, o professor inicia a execução do quarto momento, que corresponde a uma explicação conceitual de maior complexidade.

#### 4.1.4 Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade:

O professor deve, neste momento, iniciar uma explicação dos conceitos básicos do equilíbrio de um corpo, isto é, centro de massa e centro de gravidade, pois os alunos já dominam os conceitos de força e campo gravitacional.

Ao final da explicação conceitual, o professor mostrará a eles, por meio de apresentações no recurso multimídia, duas situações-problema, onde apenas uma envolve o tópico já estudado. Os alunos deverão estar dispostos em grupos, e deverão analisar qual situação realmente envolve o conteúdo estudado e explicar o motivo desta escolha, isto é, aplicar todo o conteúdo aprendido até o momento em situações práticas. *Duração deste momento: uma aula.*

Nota: o professor deve estar sempre mudando os integrantes dos grupos, para que a troca de significados seja facilitada.

Ao final da aula, foi utilizada uma atividade multimídia com diferentes imagens de espetáculos circenses, como a corda bamba e a perna de pau. A quinta etapa desta UEPS será feita em uma aula apenas, onde haverá um conceito a ser estudado, atividade com o recurso multimídia e um experimento demonstrativo para os alunos.

#### 4.1.5 Aplicação do conceito como método de avaliação daquilo que foi entendido até o momento

Nesta etapa da sequência didática, será feita a introdução do conceito de ângulo de tombamento, através de um equipamento montado pelo professor. Este equipamento permite que a condição de tombamento seja verificada.

A partir disto, o aluno poderá colocar em prática tudo aquilo que ele estudou sobre centro de gravidade e centro de massa. Com este recurso, o professor pode ensinar e esclarecer as dúvidas sobre o ângulo de tombamento.

O aluno, ao conciliar os fenômenos já estudados com o experimento da aula, conseguirá compreender o conceito de ângulo de tombamento de um veículo, que depende diretamente da posição do centro de gravidade de um corpo.

Ao término do experimento e da explicação, o professor deve propor aos alunos uma discussão sobre a aplicação dos conceitos da aula em situações comuns do cotidiano, os alunos também poderão expor as suas próprias experiências. *Duração deste momento: 1 aula.*

A etapa final teve um caráter de ludicidade e de reforço positivo. O professor trabalhou uma atividade no recurso multimídia envolvendo desenho animado, jogos com direito a premiações e exercícios de cálculo.

#### 4.1.6 Aula expositiva dialogada integradora final

Será apresentado o vídeo de um desenho animado onde o personagem, que está em cima de um morro, tenta atingir o outro personagem que está embaixo utilizando uma pedra e uma alavanca, a partir do princípio de momento de uma força. Após o vídeo o professor deverá propor aos alunos uma discussão sobre qual é a explicação de que apesar da pedra estar estável em relação a sua posição de equilíbrio, se move facilmente. O professor deverá, depois de certo tempo, intervir na discussão e então explicar o conceito de momento de uma força, que interfere na intensidade da força aplicada, mas principalmente no equilíbrio de um corpo.

Conclui-se, assim, a aplicação da unidade de ensino potencialmente significativa.

*Duração deste momento: 1 aula.*

#### 4.1.7 Avaliação da aprendizagem na UEPS

A avaliação será realizada por meio da aplicação de diferentes instrumentos e recursos. Os alunos serão avaliados por meio de suas respostas nas discussões propostas pelo professor. O professor manterá registro da participação dos alunos em todas as etapas. Por meio desses registros poderá analisar a evolução dos conceitos aprendidos.

Ao final do sexto passo é proposto uma aula avaliativa. O primeiro momento de avaliação é a construção de dois mapas mentais, um individual, para análise do crescimento pessoal de cada um, através da comparação entre o mapa construído nesta etapa e aquele feito no início da unidade, e um MM criado em conjunto com a turma e o professor, onde o tema central será o equilíbrio dos corpos. Os alunos deverão montar este mapa colaborativamente, expondo suas ideias e as discutindo com os colegas para que se chegue a uma síntese. O professor apenas registrará os conceitos no quadro e organizará a discussão.

Ao final da etapa da construção dos mapas mentais, os alunos deverão organizar o conhecimento por meio de discussão em grupo para que as dúvidas sobre o assunto sejam esclarecidas. *Duração deste momento: 1 aula.*

#### 4.1.8 Avaliação da própria UEPS

A UEPS é avaliada pela soma dos diferentes resultados apresentados pelos alunos utilizando diversos instrumentos de avaliação. Nessas avaliações, o caráter formativo é destacado e nelas se busca as evidências de aprendizagem.

A avaliação final, somativa, serve para identificar a presença da habilidade de resolução de problemas, que os alunos devem adquirir após terem percorrido o trajeto proposto pela UEPS.

### **5 PLANOS DE AULA PARA A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

A proposição da UEPS sugere a apresentação de planos de aula que, longe de serem interpretados literalmente, servem apenas como guia para a organização

pedagógica e metodológica do professor, devendo o professor colocar a sua experiência e a sua realidade educacional como norteadores dos seus próprios planos.

Todos os planos de aulas a seguir, possuem a seguinte identificação:

COLÉGIO DE APLICAÇÃO: Colégio e Faculdade Sant'Ana.

REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.

DISCIPLINA: Física.

PROFESSOR: Osni Daniel de Almeida.

SÉRIE / ANO LETIVO: 1º / 2018.

BASE TEÓRICA: COGNITIVISTA

## 6 A CONSTRUÇÃO DOS MATERIAIS PEDAGÓGICOS

### 6.1 Confeção Dos Experimentos

Para a segunda aula da UEPS, foram utilizados três bonecos criados pelo professor. Os bonecos são constituídos de poliestireno expansivo, também conhecido como Isopor. No interior de cada boneco, é fixado uma esfera metálica na base. Esta esfera tem a finalidade de proporcionar uma maior concentração de massa em um ponto do boneco, provocando assim sua posição de equilíbrio estável

Cada boneco, como mostra na figura 27, fica em equilíbrio em uma posição diferente dos outros bonecos. O objetivo desses bonecos é provocar a curiosidade, estimular a observação e promover a elaboração de hipóteses.

Figura 8 - Bonecos em posições diferentes.



Fonte: O autor.

Para que cada boneco permaneça em repouso com uma posição diferente dos demais, mesmo sendo estruturalmente parecidos, é devido ao fato da posição em que foi feita a fixação da esfera metálica. Explicando de uma maneira conceitual, é a modificação do centro de gravidade do boneco, assim como mostra a figura 28.

Figura 9 - Bonecos aberto com as esferas metálicas amostra.



Fonte: O autor.

## 6.2 MONTAGEM DO BONECO 1

Figura 10 - Boneco 1



Fonte: O autor.

Figura 11: Interior do Boneco 1



Fonte: O autor.

### 6.3 MONTAGEM DO BONECO 2

Figura 12: Boneco 2



Fonte: O autor.

Figura 13: Interior do boneco 2.



Fonte: O autor.

### 6.4 MONTAGEM DO BONECO 3

Figura 14: Boneco 3.



Figura 15: Interior do boneco 3.



O acabamento com um tom cômico para os bonecos tem como função apresentar o experimento de forma lúdica, misturando a Física com diversão.

A estrutura dos bonecos pode ser encontrada para venda em lojas de material escolar. O acabamento, como a pintura e a simulação de um rosto com emoção é feita de maneira manual com materiais para artesanato.

O outro equipamento (figura 16) utilizado neste trabalho é o simulacro de um carro sob condição de estabilidade ou de tombamento. O simulacro é construído sobre uma base móvel que se articula com uma base horizontal fixa. O objetivo é inclinar o veículo, deslocando a posição do seu CM/CG em relação a base.

Figura 16: Experimento que mostra ângulo de inclinação.



Fonte: O autor.

O ponteiro indica a ação do vetor força gravitacional sobre o veículo, ao inclinar a base do veículo, é possível verificar a variação da direção e sentido desta força. Demonstrando a ação do centro de gravidade do veículo sobre a influência do campo gravitacional.

Figura 17: Ponteiro para indicar o ângulo de inclinação



Fonte: O autor.

A modificação do ponteiro é para indicar a linha de atuação da força gravitacional ao utilizar a base do veículo como referência, como mostra a figura 18. O objetivo deste simulacro é demonstrar, a partir do ponteiro, que apesar a base do veículo estar inclinada a atuação da força gravitacional não se modifica sua direção e sentido, mas que a posição do centro de gravidade influenciará no sistema físico.

Figura 18: Ponteiro indicando a ação do campo gravitacional.



Fonte: O autor.

Nota-se que após uma certa inclinação é possível perceber a força gravitacional com relação ao centro de gravidade para de atuar na parte de baixo do pneu e passa para a lateral do mesmo como é mostrado na figura 19.

Figura 19: Veículo inclinado e ponteiro indicando a inclinação.



Fonte: O autor.

Ao aumentar a inclinação do veículo, percebe-se que a linha de atuação destas forças passa perpendicularmente pela lateral do pneu, reposicionando assim a condição de equilíbrio estável do veículo. Desse resultado emergirá o conceito de ângulo de tombamento, apresentado na UEPS.

## 6.5 A CONSTRUÇÃO DE UM MAPA MENTAL

Entender o pensamento humano é uma tarefa árdua, mas que se faz necessária no cotidiano da vida docente, afinal, o professor precisa compreender o pensamento de seus educandos para que se possa, através de diálogos e outras ferramentas didáticas, verificar a real aprendizagem de seus discentes.

Buzan (2009), afirma que, o nosso cérebro funciona com base em cinco funções principais: Recepção, armazenamento, análise, controle e expressão, e são baseadas nelas que temos nossas ações, aprendizagem controle de situações e consciência da realidade que nos cerca.

Para organizar melhor o pensamento, compreender de maneira mais eficiente os conceitos apresentados em sala de aula, existem diversos métodos que são auxiliares nesse processo. Um deles é o Mapa Mental. Segundo Buzan (2009, p. 17), “Um Mapa Mental é projetado para utilizar todas essas habilidades do cérebro, auxiliando-o no armazenamento e na recuperação de informações com mais eficiência, sempre que isso for exigido.”

Buzan (2009) afirma que, para criar um MM, existe uma estrutura básica, a qual você deve traçar seu objetivo com relação a finalidade do MM que está criando, estar claro sobre os métodos que deverá seguir na construção do mesmo, e por fim, estabelecer a finalidade de sua obra. Ibidem (p. 32):

Depois que você soltar as rédeas da criatividade do seu Pensamento Radiante, é importante que edite e organize suas idéias, dando-lhe mais estrutura. O primeiro passo nesse sentido é definir quais são suas Idéias de Ordenação Básica (IOBs).

Serão as IOBs, as organizadoras estruturais do pensamento no MM, criando categorias e subcategorias para melhor compreensão daquilo que está sendo aprendido. Para Buzan:

As IOBs são como títulos dos capítulos dos seus pensamentos: as palavras ou imagens que representam as mais simples e óbvias categorias de informações. São termos que farão instantaneamente com que seu cérebro pense em um número maior de associações. (BUZAN, 2009, p. 33)

Ao final de todo o planejamento, chega a hora de criar o MM, para isso, ibidem (2009) sugere um resumo sobre as regras na montagem de um Mapa Mental, priorizando as técnicas. O primeiro ponto é o destaque com relação as palavras utilizadas, títulos, métodos de organizar ou realçar termos e ideias.

O segundo tópico é relacionado as associações entre os as palavras chaves utilizadas, montando uma sequência de leitura ou a sequência lógica do conceito a ser construído, lembrando que, ibidem (p. 19): “as Palavras-Chave e seus contextos são ativadores fundamentais da memória. E é sobretudo a rede dentro da mente que nos ajuda a entender e interpretar a realidade.”.

O terceiro passo diz respeito a clareza que seu MM deve ter, tomando cuidado com os termos e sinônimos utilizados, ter sequência lógica nas ramificações entre os termos para que não confunda em uma leitura e estudo posterior, a grafia utilizada e o uso correto dos destaques, ponderando a importância das palavras chaves para o leitor.

O último ponto destacado é o desenvolvimento de um estilo pessoal para seu MM, o educando deverá sempre manter um padrão, o qual facilitará na aprendizagem dos conceitos estudados.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A UEPS aqui apresentada permite que o educando compreenda, de uma maneira completa, o conceito de equilíbrio dos corpos. O conteúdo trabalhado inicia-se em centro de massa e finaliza-se em torque ou momento de uma força.

A ludicidade e a contextualização estão presentes em todas as etapas da UEPS. É importante destacar que estes tópicos são trabalhados de tal maneira que possibilitam a ocorrência de uma aprendizagem significativa, uma vez que suas evidências podem ser verificadas por meio de diferentes instrumentos de avaliação.

Ensinar Física não é tarefa fácil, nem tampouco aprendê-la. No entanto, é possível engajar os alunos no processo de aprendizagem partindo-se daquilo que eles já conhecem, que eles já dominam. O simples fato de o professor explorar isso no início do seu trabalho, já traz para dentro da sala de aula a facilitação do diálogo professor-aluno. O elemento lúdico entra como o organizador prévio, enquanto as atividades realizadas de forma progressiva e contextualizada, acomodam novos subsunçores aos que já existem.

Assim, esperamos que este produto possa ter contribuído, de alguma forma, para uma outra visão sobre o Ensino das Ciências, a de ultrapassar as barreiras da aprendizagem mecânica, baseada apenas na memorização, e evoluir para a aprendizagem que faz sentido para a vida dos alunos, a aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Guilherme de; RÉ, Pedro. **Observar o Céu Profundo**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

ASSIS, André Koch Torres. **Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca**. Montreal: Apeiron, 2008.

ASSIS, André Koch Torres; DE MATOS RAVANELLI, Fábio Miguel. Reflexões sobre o conceito de centro de gravidade nos livros didáticos. **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631), v. 2, n. 2, 2008.

BUZAN, Tony. **Mapas mentais**. São Paulo: Sintaxe, 2009.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Volume 1: mecânica. 10ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2016.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

KHOURY JUNIOR, Joseph Kalil; SOUZA, Cristiano Márcio Alves de; RAFULL, Leidy Zulys Leyva; VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Simulação da estabilidade de tratores agrícolas 4 x 2**. Bragantia, v. 68, n. 1, 2009.

KHOURY JUNIOR, Joseph Kalil; DIAS, Gutemberg Pereira; CORDEIRO, Ricardo Reis; SOUZA, Cristiano, Márcio Alves de. **Modelagem da estabilidade de tratores agrícolas de pneus**. Área de Informação da Sede - Artigo em periódico indexado. 2004.

LEMOS, Luiz Fernando Cuozzo; TEIXEIRA, Clarissa Stefani; MOTA, Carlos Bolli. Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 17, n. 4, p. 83-90, 2010.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas-UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**. Porto Alegre, 2011, v.1, n.2, p.43-63.

NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

OLIVEIRA FILHO, Kepler S. **Parâmetros físicos e astronômicos**; UFRGS. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/dados.htm>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares da educação básica: Física**. Curitiba, 2008.

PENA, Rodolfo F. Alves. Monte Everest; **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/monte-everest.htm>>. Acesso em 08 de abril de 2019.

## APÊNDICE B

### PLANO DE AULA 01-02

**ASSUNTO:** Equilíbrio dos corpos.

**COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**

Reconhecer as relações entre os conhecimentos disciplinares, para articular e sistematizar as teorias da Física, com seus diversos tipos de interação e das diferentes naturezas dos fenômenos físicos, compreendendo que a força peso tem origem na interação gravitacional fundamental.

**OBJETIVOS:**

Debater sobre questões que envolvem o equilíbrio dos corpos.

Expor opiniões e conhecimentos científicos que fundamentam o conceito de equilíbrio dos corpos.

**MOMENTOS DA AULA**

**PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:** O início desta UEPS sobre equilíbrio, será baseado em um diálogo com os alunos. O que eles entendem por equilíbrio? Como esse entendimento se relaciona com o cotidiano?

Este momento deve permanecer apenas nos conceitos prévios, sem o professor fornecer explicações científicas.

**ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:** Após o momento de conversa, o professor deverá direcionar as discussões, sempre destacando os tópicos importantes, através de perguntas, tais como:

O que é o equilíbrio?

Como percebemos o equilíbrio nos corpos quando estão parados?

E possível existir um equilíbrio de um corpo quando ele está em movimento?

Quais são os fatores que influenciam o equilíbrio de um corpo ou sistema?

Será que utilizamos estes conceitos em ações do nosso dia a dia?

Após alguns minutos de discussão, o professor deverá anotar as ideias dos alunos no quadro. Eles deverão hierarquizar os conceitos. O professor deverá apenas organizar e escrever as ideias da turma, sem nenhuma preocupação com a formulação de conceitos corretos.

Ao término do esquema coletivo, o professor deverá pedir para que os alunos criem seu mapa mental com relação ao conceito de equilíbrio dos corpos. Quando

encerrar esta etapa de criação dos mapas, o professor selecionará alguns alunos para apresentar brevemente seus mapas.

#### **APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO:**

Na etapa final da aula, o professor apresentará os bonecos João-Bobo, cada qual com uma posição de equilíbrio diferente. Os alunos poderão olhar, investigar, apalpar e manusear os bonecos. Eles devem investigar os bonecos e, por meio de discussão, propor as possíveis explicações físicas dos fenômenos observados. O professor deverá apenas conduzir os momentos da aula, sem intervir na investigação dos alunos ou na discussão.

#### **RECURSOS FÍSICOS:**

Quadro de giz.

Bonecos criados pelo professor.

### **PLANO DE AULA 03**

**ASSUNTO:** Equilíbrio dos corpos.

#### **COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**

Reconhecer as relações entre os conhecimentos disciplinares, para articular e sistematizar as teorias da Física, com seus diversos tipos de interação e das diferentes naturezas dos fenômenos físicos, compreendendo que a força peso tem origem na interação fundamental gravitacional.

#### **OBJETIVOS:**

Compreender os conceitos físicos relacionados com o centro de massa e centro de gravidade.

Compreender as aplicações físicas dos conceitos de centro de massa e centro de gravidade.

#### **MOMENTOS DA AULA:**

**PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:** O professor retomará as discussões da aula anterior e fará uma breve revisão sobre o conceito de força e de campo gravitacional.

**ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:** O professor abordará conceitualmente os temas centro de massa e centro de gravidade. Fará uma explicação dos conceitos físicos que envolvem estes dois tópicos relacionando-os com os conceitos anteriores de equilíbrio dos corpos.

**APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO:** Ao final exposição conceitual, o professor mostrará aos alunos, por meio de apresentações no recurso multimídia, duas situações-problema. Neste momento, os alunos deverão estar dispostos em grupos. Deverão analisar qual situação realmente envolve o conteúdo estudado e explicar o motivo desta escolha, isto é, aplicar todo o conteúdo aprendido até o momento em situações práticas.

**RECURSOS FÍSICOS:**

Quadro negro e giz;

Multimídia.

## **PLANO DE AULA 04**

**ASSUNTO:** Equilíbrio dos corpos.

**COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**

Reconhecer as relações entre os conhecimentos disciplinares, para articular e sistematizar as teorias da Física, com seus diversos tipos de interação e das diferentes naturezas dos fenômenos físicos, compreendendo que a força peso tem origem na interação fundamental gravitacional.

**OBJETIVOS:**

Compreender o conceito de ângulo de tombamento de um corpo, a partir dos conceitos de centro de massa e centro de gravidade.

Aplicar o conceito de ângulo de gravidade em situações do cotidiano.

**MOMENTOS DA AULA:**

**PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:** Os alunos já conhecem os conceitos de centro de massa e centro de gravidade e a utilização destes conceitos para explicar o equilíbrio dos corpos. Neste momento, o professor mostrará aos alunos, um vídeo de curta duração, onde ocorre o capotamento de um veículo. Após o término do vídeo, o professor pedirá que os alunos tentem explicar, utilizando conceitos físicos, os motivos deste veículo ter saído da sua condição de equilíbrio estável.

**ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:** Após a discussão inicial, será feita a introdução do conceito de ângulo de tombamento através de um equipamento projetado e montado pelo professor, sobre o qual se modifica a posição do centro de gravidade de um veículo. A finalidade desse objeto é promover a compreensão do conceito de ângulo de tombamento.

**APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO:** Ao término do experimento e da explicação, o professor irá propor uma discussão a respeito das aplicações dos conceitos da aula em situações comuns do cotidiano. Os alunos também poderão expor as suas próprias experiências.

**RECURSOS FÍSICOS:**

Quadro de giz;

Multimídia;

Equipamento sobre ângulo de tombamento.

## **PLANO DE AULA 05**

**ASSUNTO:** Equilíbrio dos corpos.

**COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**

Reconhecer as relações entre os conhecimentos disciplinares, para articular e sistematizar as teorias da Física, com seus diversos tipos de interação e das diferentes naturezas dos fenômenos físicos, compreendendo que a força peso tem origem na interação fundamental gravitacional.

**OBJETIVOS:**

Aprender os fenômenos físicos que estão relacionados com o conceito de momento de uma força.

Compreender as implicações e aplicações físicas do conceito de momento de uma força.

**MOMENTOS DA AULA:**

**PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:** O professor apresentará o vídeo de um desenho animado cujo personagem utiliza o princípio do momento de uma força para executar algumas ações. Após a apresentação do vídeo, os alunos deverão discutir e explicar o que aconteceu utilizando os conhecimentos anteriormente aprendidos.

**ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:** Após um certo momento da discussão inicial, o professor deverá explicar aos alunos os conceitos de momento de uma força e sua relação direta no conceito de equilíbrio dos corpos.

**APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO:** O encerramento dessa unidade de ensino, será feito através de uma dinâmica de jogo de pergunta e resposta, onde o professor fará

algumas perguntas para a turma e eles deverão responder, com direito a prêmios para as respostas corretas.

**RECURSOS FÍSICOS:**

Quadro negro e giz;

Multimídia.

**PLANO DE AULA 06****COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**

Reconhecer as relações entre os conhecimentos disciplinares, para articular e sistematizar as teorias da Física, com seus diversos tipos de interação e das diferentes naturezas dos fenômenos físicos, compreendendo que a força peso tem origem na interação fundamental gravitacional.

**OBJETIVO:**

Identificar, por meio de diferentes instrumentos de avaliação, as evidências de aprendizagem ao final da UEPS - Equilibrium.

**MOMENTOS DA AULA:**

**PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:** O professor proporá a elaboração de um mapa mental individual. O objetivo é comparar este mapa com o mapa construído no início da UEPS. O estudo comparativo, caso a caso, permitirá a verificação das evidências de aprendizagem e as modificações ocorridas nas estruturas cognitivas dos alunos.

**ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:** O professor proporá, dessa vez, um mapa mental colaborativo cujo conceito central será equilíbrio dos corpos.

O professor apenas fará as anotações no quadro e organizará os trabalhos

**APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO:** Ao final da etapa da construção dos mapas mentais, os alunos deverão realizar uma avaliação escrita, composta de diversas situações problemas que envolvem o tópico estudado, caso o tempo não seja suficiente, os alunos poderão terminar em suas casas e entregar na próxima aula.

**RECURSOS FÍSICOS:**

Quadro e giz;

Avaliação escrita, disponibilizada pelo professor.