



Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Wagner Augusto Teixeira da Silva

SIMETRIAS E LEIS DE CONSERVAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO

Juiz de Fora
Agosto de 2018

Wagner Augusto Teixeira da Silva

Simetrias e Leis de Conservação:
Uma proposta para o Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Thales Costa Soares

Coorientador:

Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti

Juiz de Fora
Agosto de 2018

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

Teixeira da Silva, Wagner Augusto.

Simetrias e leis de conservação : uma proposta para o ensino médio / Wagner Augusto Teixeira da Silva. -- 2018.

114 f. : il.

Orientador: Thales Costa Soares

Coorientador: Bruno Ferreira Rizzuti

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

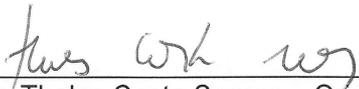
1. Simetrias no ensino médio. 2. Conservação da energia. 3. Aprendizagem significativa. I. Costa Soares, Thales, orient. II. Ferreira Rizzuti, Bruno, coorient. III. Título.

Wagner Augusto Teixeira da Silva

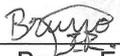
SIMETRIAS E LEIS DE CONSERVAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA O
ENSINO MÉDIO

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23 de agosto de 2018, por:



Prof. Dr. Thales Costa Soares – Orientador



Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti – Coorientador



Prof. Dr. José Abdalla Helayel-Neto – CBPF



Prof. Dr. Claudio Henrique da Silva Teixeira – UFJF

Juiz de Fora, MG
Agosto de 2018

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha esposa e a Deus.

Agradecimentos

Definitivamente escrever os agradecimentos não é fácil. Muitas pessoas têm alguma participação na realização desta dissertação de Mestrado, que é também a realização de um sonho. É claro que eu vou deixar de citar alguém e, por isso, já peço desculpas. Para tentar minimizar as falhas vou fazer os agradecimentos tentando usar a cronologia do trabalho.

Vamos começar então. Não é possível começar por ninguém menos que a Dona Lúcia e o Seu Roberto: muito obrigado mãe e pai por me apoiarem desde sempre. A história de trabalho no mestrado teve início com uma mensagem do grande amigo Gilberto de Freitas com os dizeres “olha a oportunidade passando de novo”, fazendo referência ao período de inscrições. Sem essa mensagem provavelmente eu teria perdido a inscrição no mestrado, portanto muito obrigado meu caro Gilberto e por extensão à todos os amigos do “Albergue Espanhol” em especial o grande Marreco.

Eis que passada a prova tive que entregar um “Memorial Acadêmico” e sem minha querida Aline não sairia nada da forma correta, muito obrigado por toda ajuda durante o mestrado. Desde o começo da jornada no mestrado eu sempre pude contar com a ajuda do meu grande amigo Lélío Ribeiro e, de fato, sem a sua ajuda o começo teria sido muito mais difícil, valeu mesmo, meu caro.

Trabalhar e trilhar a caminhada do mestrado não é trabalho fácil para ninguém, mas tudo pode ser um pouco menos doloroso se você pode contar com os colegas de turma e, por isso, agradeço a todos os companheiros e companheiras da turma pelo apoio e ajuda. Dentre todos os colegas, preciso destacar as ajudas gigantescas de duas, inicialmente, colegas de turma e agora amigas: Deborah S. Franco e Emely Giron. Ambas sempre estiveram ao meu lado ajudando dos problemas mais “simples” do mestrado até as questões sérias da vida. Ainda nos agradecimentos aos colegas não poderia deixar passar de agradecer ao Arthur (Luiz Arthur) e ao Renan pela paciência e camaradagem na reta final, a vocês, meus caros, todas as “batatas show” do mundo.

Toda a gratidão também aos meus alunos e colegas de trabalho que sempre estiveram lá me apoiando.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, a quem agradecemos. Além disso, agradecemos à FAPEMIG pelo apoio de taxa de bancada - Projeto MPR 00703-15.

Neste último parágrafo destaco as pessoas cuja paciência com certeza levei ao limite e, por isso, o agradecimento especial. Meu orientador Thales C. Soares que

sempre me deu ouvidos, mesmo eu definitivamente não sabendo bem o que eu queria. Obrigado por se dispor a me guiar nessa história de mestrado. Ao meu coorientador Bruno F. Rizzuti, cuja seriedade com que tratou todo o meu processo de escrita foi fundamental, meu caro, muito obrigado. Preciso agradecer à minha esposa Flavia Gaspar. Não sei quantas vezes precisei mobilizá-la para me ajudar, quantas vezes tivemos compromissos desmarcados porque eu precisava estudar, quantas vezes... Enfim, muito obrigado por tudo.

Por fim, agradeço a Deus por mais essa vitória.

Resumo

Apresentamos neste trabalho uma proposta alternativa para o ensino de Leis de Conservação em Física a partir do conceito de simetrias. Tal conceito tem aplicações nas mais diferentes áreas, atravessando os limites das mecânicas clássica e quântica, indo da relatividade à física da matéria condensada. Se, por um lado, as simetrias são tão fundamentais, por outro elas se mostram úteis para uma compreensão mais fundamental de uma lei de conservação já vista pelos estudantes ainda no primeiro ano do Ensino Médio, a Conservação da Energia. Utilizando então as ideias de Ausubel sobre Aprendizagem Significativa e de Moreira sobre a Aprendizagem Significativa Crítica, elaboramos uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) que discute simetrias em vários contextos diferentes e que permite orientar os alunos para que entendam que as simetrias não são apenas observadas em análises geométricas/espaciais, extrapolando estes casos particulares. Na conclusão verifica-se que a existência ou quebra de simetrias podem justificar observáveis físicos, além de levarmos aos alunos a compreensão de que a tão falada Conservação da Energia Mecânica é justificada por um tipo particular de simetria, a de evolução temporal de um sistema físico.

Palavras-chave: Simetrias no Ensino Médio. Conservação da Energia. Aprendizagem Significativa.

Abstract

We present in this work an alternative proposal for the teaching of Conservation Laws in physics from the concept of symmetries. Such concept has applications in different areas, crossing the limits of the classical and quantum mechanics, going from relativity to the physics of condensed matter. If, on the one hand, the symmetries are so fundamental, on the other hand, they are useful for a more fundamental understanding of a conservation law already seen by students in the first year of high school, the Conservation of Energy. Using the ideas of Ausubel of Meaningful Learning and of Moreira, the Critical Meaningful Learning, we elaborated a PSTU (Potentially Significant Teaching Unit) that discusses symmetries in several different contexts, and allows students to understand that symmetries are not only observed in geometric/spatial setups, extrapolating these particular cases. It is concluded that the existence or breaking of symmetries can justify physical observables, in addition to giving students the understanding that the so-called Conservation of Mechanical Energy is justified by a particular type of symmetry, that of temporal evolution of a physical system.

Keywords: Symmetries in High School, Energy Conservation, Meaningful Learning.

Índice

Resumo	7
Abstract	8
1 Introdução	13
2 Um breve passeio pela Física das simetrias	17
2.1 Espaço e espaço-tempo	17
2.2 Princípio da Relatividade	19
2.3 Observáveis e o grupo de Galileu	21
3 Referencial Teórico	27
3.1 Ausubel, Moreira e a Aprendizagem Significativa	27
3.2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	31
4 Metodologia	35
5 O Produto Educacional	39
6 Aplicação, análise e reflexão da UEPS	45
6.1 Relato da Aplicação	45
6.2 Análise da Aplicação	52
6.3 Registro de atividades	54
7 Conclusão	71
8 Simetrias e Leis de Conservação: Uma proposta para o Ensino Médio	73
Referências bibliográficas	89
A Produto Educacional	91

Lista de Figuras

1.1	Imagem: Reflexão. Fonte: http://www.mcescher.com/gallery/symmetry/no-45-angel-devil/	14
1.2	Imagem: Fish N ₀ 93. Fonte: http://www.mcescher.com/gallery/back-in-holland/no-93-fish/	15
2.1	Exemplo de um corpo rígido: distância entre pontos não muda com o passar do tempo.	17
2.2	União de corpos rígidos formando um novo corpo rígido. Fonte: arquivo do autor.	18
2.3	Um referencial se afasta em relação ao outro com velocidade de afastamento \vec{V} . O vetor deslocamento \vec{D} é dado por $\vec{D} = (L_x, L_y, L_z)$	20
2.4	Partícula de massa M girando em uma circunferência de raio R ao redor de um eixo com velocidade angular constante.	24
5.1	Questionário preliminar aplicado para os alunos.	41
5.2	Atividade prática: operações de simetrias em cubos e esferas.	43
5.3	Figura ilustrativa para a questão somativa 3.	44
6.1	Primeira resposta para a pergunta: “O que é para você simetria?”, respondida pelo grupo Três Mosqueteiros e Meio.	52
6.2	Segunda resposta para a pergunta: “O que é para você simetria?”, também respondida pelo grupo Três Mosqueteiros e Meio.	52
6.3	Resposta para a pergunta 1 do grupo Bolo de Cenoura na primeira aplicação do questionário.	53
6.4	Resposta para a pergunta 3 do grupo Bolo de Cenoura na primeira aplicação do questionário.	53
6.5	Operações de simetria em sólidos, realizadas pelo grupo Kamp.	53
6.6	Questionário para levantamento de concepções prévias.	55
6.7	Atividade prática sobre simetrias e quebra de simetrias.	56
6.8	Demonstração da invariância temporal da energia mecânica.	57
6.9	Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 1.	58

6.10	Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 2.	59
6.11	Questionário final sobre simetrias - parte 1.	60
6.12	Questionário final sobre simetrias - parte 2.	61
6.13	Questionário para levantamento de concepções prévias - parte 1.	62
6.14	Questionário para levantamento de concepções prévias - parte 2.	63
6.15	Atividade prática sobre simetrias e quebra de simetrias.	64
6.16	Demonstração da invariância temporal da energia mecânica.	65
6.17	Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 1.	66
6.18	Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 2.	67
6.19	Questionário final sobre simetrias - parte 1.	68
6.20	Questionário final sobre simetrias - parte 2.	69
8.1	Questionário preliminar aplicado para os alunos.	75
8.2	Atividade prática: operações de simetrias em cubos e esferas.	77
8.3	Figura ilustrativa para a questão somativa 3.	78

Capítulo 1

Introdução

O entendimento sobre o conceito de simetria ou sobre situações nas quais ela pode ser percebida parece acessível para grande parte das pessoas, porém apenas parece. Na verdade, para os que não buscam aprofundamento em relação ao que é simetria em contexto específico como, por exemplo, em Física, na Matemática, nas Artes Plásticas e em outras áreas, restará apenas reproduzir uma ideia que parece clara para muitos, mas que carece de maiores explicações. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de levar a discussão sobre uma das aplicações de simetria em Física para estudantes do Ensino médio de forma razoável.

Segundo o dicionário Aurélio, simetria é a correspondência de posição, de forma, de medida em relação a um eixo entre os elementos de um conjunto ou entre dois ou mais conjuntos. Já Fonseca, em [1] define simetria como

[...] um dos princípios básicos na formulação de modelos matemáticos para os fenômenos naturais, além de sua ligação com as artes. A sua ideia é uma das mais ricas na matemática e está associada às transformações geométricas, designadamente às isometrias, fato que justifica o seu estudo já no ensino fundamental. No ensino escolar atual o termo simetria, na maioria das vezes, é tomado como sinônimo de simetria de reflexão. Contudo, no plano há quatro tipos de transformações que preservam distâncias, isto é, há quatro tipos de isometrias: reflexão, translação, rotação e reflexão seguida de translação. Cada uma dessas isometrias gera figuras simétricas a outras figuras e também figuras simétricas a si mesmo.

Dentre as mais usuais e conhecidas interpretações para as simetrias está a que

podemos encontrar nas Artes Plásticas e vários são os exemplos onde tal ideia é aplicada ou percebida tanto pelo artista quanto por seu público. Quando falamos em Artes Plásticas comumente a palavra "simetria" é entendida como sinônimo para as palavras "harmonia", "belo", "proporcional", "padronizado", "regular", "conformidade". Vários artistas se valeram de elementos e/ou princípios de simetria em suas obras. Um exemplo é o artista holandês Maurits Cornelis Escher.

Segundo Berro [2], as obras de M. C. Escher são elaboradas de forma que o uso das simetrias traga de forma clara, para quem contempla a obra, um significado específico. As simetrias são utilizadas como agentes causadores de um certo efeito.

Cada gravura é minuciosamente planejada, matematicamente estudada e refeita até atingir o efeito desejado; nada é fruto do acaso. Ele tenta nos confundir trazendo a fantasia como elemento desestabilizador da forma de nós olharmos o mundo já que temos uma maneira que os nossos olhos enxergam o mundo habitual e culturalmente.

Exemplos de gravuras que retratam as palavras de Berro podem ser vistas nas Figuras 1.1 e 1.2. Ressaltamos que, de fato, o ensino pode ser explorado por meio

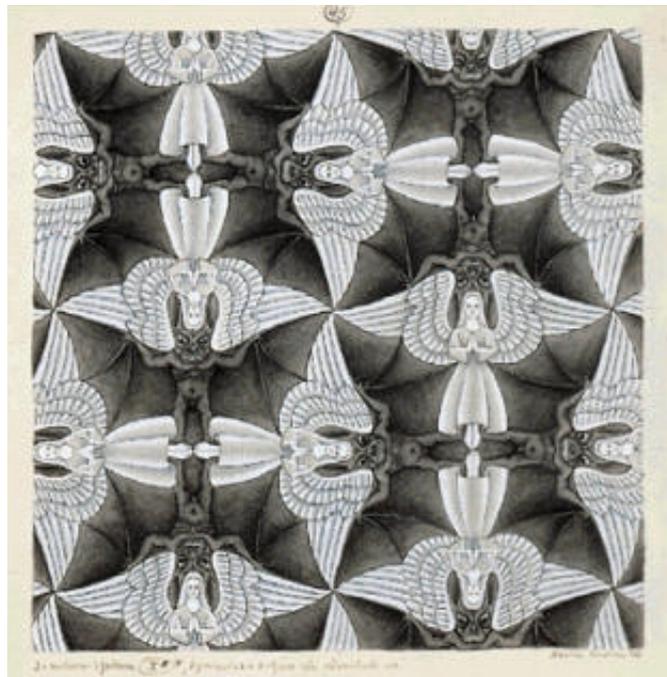


Figura 1.1: Imagem: Reflexão. Fonte:

<http://www.mcescher.com/gallery/symmetry/no-45-angel-devil/>

da arte [3].

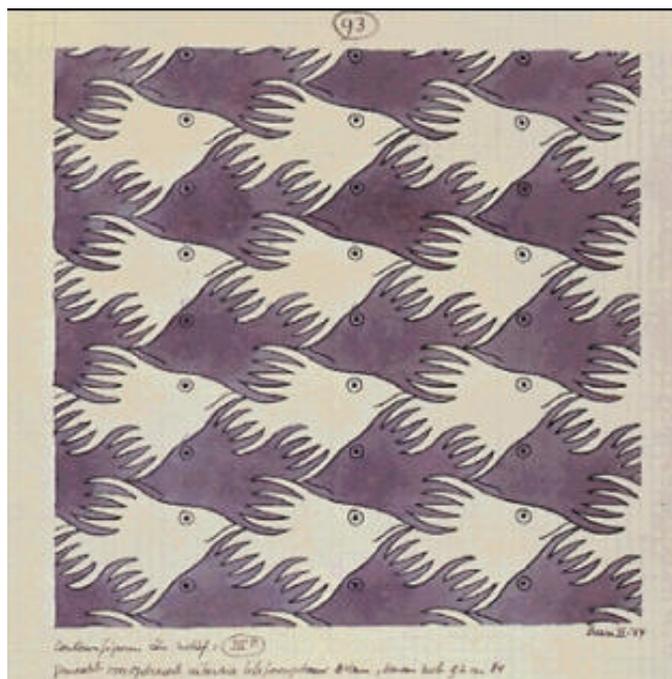


Figura 1.2: Imagem: Fish N₀ 93. Fonte: <http://www.mcescher.com/gallery/back-in-holland/no-93-fish/>.

Este é de certa forma um ponto de questionamento bastante curioso, porém que não está no cerne de nosso trabalho: seriam as simetrias causas ou conseqüências em determinado processo? Em Física é possível perceber estruturas de simetria em aspectos fundamentais para a compreensão da natureza, em fenômenos que demandam certa ordem para que possam ser interpretados [4]. As implicações da análise das simetrias em Física são extremamente relevantes. Emmy Nöther, no teorema que leva seu nome e que será apresentado posteriormente, enuncia que para uma simetria podemos associar uma quantidade conservada.

À luz dos desdobramentos do Teorema de Nöther, vários dos grandes resultados da Física contemporânea se justificam pela existência de uma relação de simetria ou pela quebra da mesma [5].

Na Mecânica Quântica e na Física de Partículas, as simetrias são guias para a descoberta de novas partículas, leis de conservação, experimento e fenomenologias. Na década de 20 do século passado, Pauli inicia a interpretação do spin do elétron a partir de grupos de simetria. Dirac unifica duas teorias importantes, a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein partindo de princípios de simetria. De quebra, Dirac não só interpreta a natureza do spin do elétron como também prevê a existência de uma nova partícula jamais pensada, que é o conhecido pósitron, a antipartícula do elétron. Podemos dizer, com segurança, que a ideia de antimatéria advém de princípios de simetria.

Por si só estes resultados já seriam suficientes para motivar o ensino de simetrias para estudantes do Ensino Médio, como reitera Caruso [6]

Entender o papel central que ideias tão importantes como as de ordem e de simetria desempenham no complexo processo de construção do conhecimento humano ,por si só, já justificaria ensinar alguns conceitos básicos de simetria e ressaltar sua relevância nos cursos do ensino médio.

Buscando uma conexão entre a Física Contemporânea e o ensino escolar de Física e nos valendo de resultados com a Conservação da Energia, Conservação do Momento Angular e Conservação do Momento Linear, que se justificam por princípios de simetria, acreditamos ser relevante a elaboração de uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) para o ensino de simetrias, tendo como elemento de discussão a Invariância Temporal da Energia Mecânica.

Para tal, no próximo capítulo discutiremos a Física das simetrias. No Capítulo 3, discutiremos o referencial teórico adotado para o trabalho e a estrutura de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, base para o Produto proveniente deste mestrado. No Capítulo 4, apresentaremos a UEPS desenvolvida e a metodologia de aplicação. O Capítulo 5 trará a estrutura do Produto. No Capítulo 6, relatamos a aplicação da UEPS, sua análise e reflexão, além de apresentar um registro das atividades desenvolvidas por dois grupos alvo deste trabalho. Por fim, o Capítulo 7 será destinado para as conclusões. Como último elemento desta dissertação, apresentamos no Apêndice A o produto educacional elaborado.

Capítulo 2

Um breve passeio pela Física das simetrias

Neste capítulo faremos uma breve discussão sobre a física das simetrias, fornecendo de maneira natural quais as consequências físicas podem ser obtidas quando a descrição de certos sistemas apresentam simetrias. Para começar faremos uma breve descrição de duas das noções mais importantes no regime da mecânica clássica, a de espaço e de espaço-tempo.

2.1 Espaço e espaço-tempo

O primeiro fato que vamos mencionar aqui é a existência de certos objetos na natureza cujas distâncias obtidas entre pontos marcados sobre eles não mudam com o passar do tempo. Por exemplo, riscando dois pontos sobre uma mesa podemos medir a distância definida pelo par de riscos hoje, amanhã ou depois e ela permanecerá constante, conforme mostra a Figura 2.1.

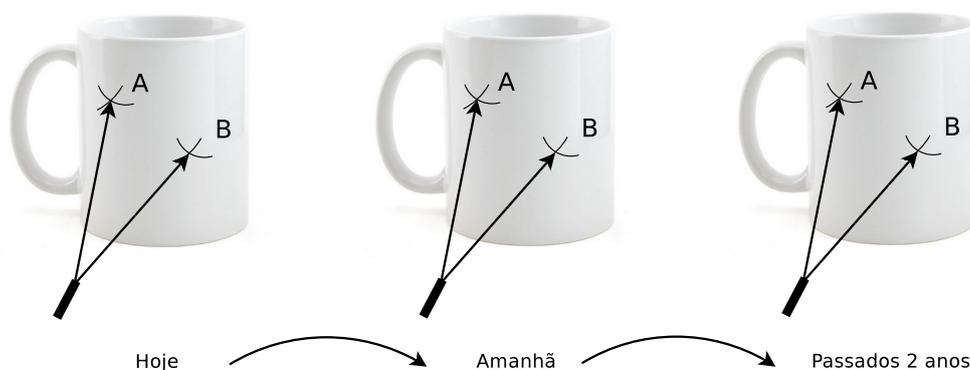


Figura 2.1: Exemplo de um corpo rígido: distância entre pontos não muda com o passar do tempo.

Isto não é verdade para qualquer corpo. Por exemplo, podemos tomar as paredes de um forno e marcar dois pontos. Percebermos que a distância entre esses pontos muda devido à dilatação quando assamos um bolo. Os corpos que possuem essa característica, ou seja, que a distância entre pontos não se altera, são chamados corpos rígidos. Podemos verificar que se unirmos dois corpos rígidos eles também formaram um corpo rígido, conforme a Figura 2.2. Neste caso, cada tijolo é, por si só, um corpo rígido. Quando eles são unidos com cimento passam a formar um novo corpo rígido, conforme indica a Figura 2.2, em uma parede do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Juiz de Fora.

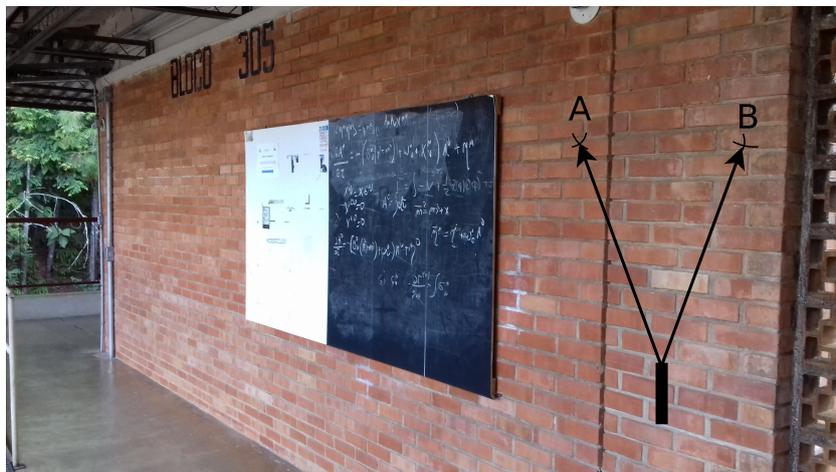


Figura 2.2: União de corpos rígidos formando um novo corpo rígido.
Fonte: arquivo do autor.

Poderíamos imaginar, contudo, uma situação contrária a esta: marque dois pontos em um bolo prestes a ser assado usando dois chocolates granulados. Após ser assado, aqueles mesmos dois pontos agora apresentam uma distância maior entre si do que antes de o bolo ser assado. Neste sentido podemos encarar que houve uma quebra da simetria de preservação de distâncias com o passar do tempo.

Não precisamos, contudo, ficar unindo corpos rígidos. Podemos apenas imaginar que pontos foram marcados sobre um corpo rígido e que o retiramos do lugar. Repetindo este procedimento mental ganhamos um estoque ilimitado de pontos espalhados em todas as direções. Este conjunto de pontos chamamos de espaço e usaremos a notação \mathcal{E} .

Para caracterizar pontos no espaço usamos certas funções que levam pontos do espaço em valores de distâncias V_L . A caracterização do conjunto de valores distância pode ser visto no trabalho [7]. Estas funções são o que chamamos de um sistema de

coordenadas:

$$P \mapsto (x(P), y(P), z(P)) \in V_L \times V_L \times V_L, \forall P \in \mathcal{E}. \quad (2.1)$$

Ou seja, as funções chamadas x , y e z levam os pontos do espaço no conjunto que é o produto cartesiano de três conjuntos de valores de distância. Alguns fatos experimentais:

1) são necessárias 3 funções para caracterizar UNICAMENTE um ponto do espaço;

2) é possível encontrar certas coordenadas tal que a distância entre dois pontos pode se obtida por

$$d^2(P_1, P_2) = [x(P_1) - x(P_2)]^2 + [y(P_1) - y(P_2)]^2 + [z(P_1) - z(P_2)]^2 \quad (2.2)$$

Estas coordenadas são chamadas cartesianas.

Mas não estamos interessados somente em localização de pontos. Se pensarmos que um ponto pode ser utilizado para descrever a posição de um carro, então as coordenadas mudam com o tempo. Para incluir o tempo em nossa discussão, vamos definir o que chamamos de evento como um acontecimento que se dá numa região espacial tão pequena que pode ser aproximada por um ponto e que é tão rápido que a duração de um evento pode ser aproximada por um instante. Exemplos típicos seriam o piscar de um olho, um estalar de dedos, etc. A união de eventos forma o que chamamos de espaço-tempo, \mathcal{ET} , em analogia direta com a união de pontos formando o espaço. Assim como no espaço usamos funções para caracterizar a posição de pontos, usaremos também funções para caracterizar tanto a posição do evento e quanto quando ele ocorreu:

$$e \mapsto (t(e), x(e), y(e), z(e)) \in V_T \times V_L \times V_L \times V_L, \forall e \in \mathcal{ET}. \quad (2.3)$$

Analogamente ao que fizemos no espaço temos que as coordenadas no espaço-tempo moram em um conjunto que é o produto cartesiano de um conjunto de valores de tempo por outros três de distância.

2.2 Princípio da Relatividade

Um preceito básico aceito pela comunidade acadêmica é que as leis da Física são as mesmas em qualquer sistema de coordenadas inercial [8]. Por leis da Física nesse contexto queremos dizer leis de Newton. Assim a forma mais geral que podemos ter

de troca de coordenadas no espaço-tempo de modo que haja covariância das leis da Física é:

$$\begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} t' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -V_x & & & \\ -V_y & & R^i_j & \\ -V_z & & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \tau \\ L_x \\ L_y \\ L_z \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Os detalhes da covariância podem ser vistos em [8]. Na expressão anterior, usamos uma coluna para representar as coordenadas do espaço-tempo, V_x , V_y e V_z que correspondem à velocidade de afastamento de um referencial em relação ao primeiro. L_x , L_y e L_z correspondem a um deslocamento espacial e τ um deslocamento temporal. Por fim R^i_j são as entradas de uma matriz de rotação pertencente ao grupo $SO(3)$, e contém três parâmetros que correspondem aos ângulos de rotação. A representação geométrica é:

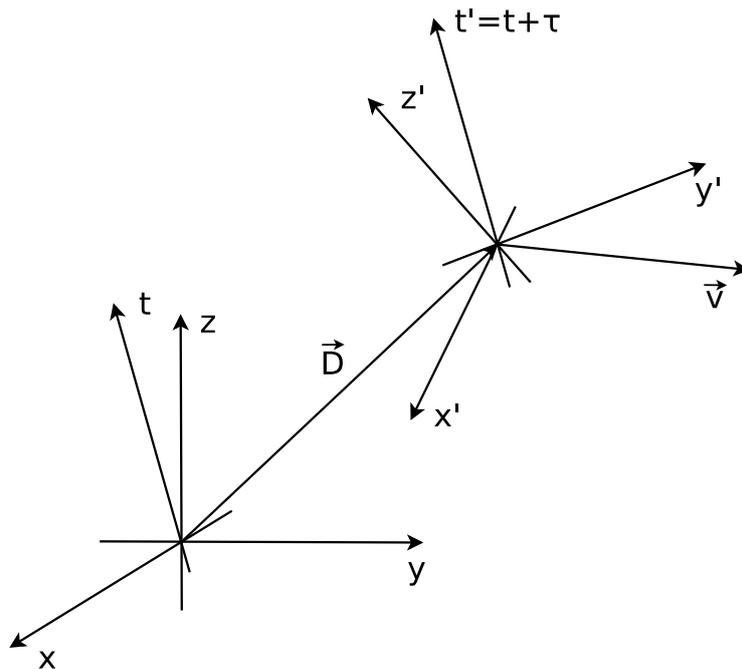


Figura 2.3: Um referencial se afasta em relação ao outro com velocidade de afastamento \vec{V} . O vetor deslocamento \vec{D} é dado por $\vec{D} = (L_x, L_y, L_z)$.

Estes dez parâmetros juntos formam o grupo de Galileu e a sua representação no espaço-tempo é dada pela expressão (2.4).

Mencionamos acima a palavra *grupo*. Um grupo é uma estrutura algébrica com papel central na Física. Uma de suas muitas aplicações está ligada, como discutido acima, com o princípio da relatividade. Uma introdução ao assunto, específica para ser tratada no Ensino Médio, pode ser vista em [5]. Uma outra aplicação essencial de

tal assunto corresponde à descrição da Física de partículas e interações fundamentais. Para uma leitura dedicada à formação de professores, sugerimos a referência [9].

2.3 Observáveis e o grupo de Galileu

Muitas grandezas que utilizamos para a descrição de certo sistema físico podem ser observadas ou medidas. Exemplos típicos são energia, momento linear, momento angular, etc. Elas são chamadas de observáveis. Para simplificar a notação e para que estas considerações possam se utilizadas no contexto da UEPS, que vamos aplicar a partir de agora, vamos considerar um espaço-tempo 2+1 dimensional com coordenadas $\{x, y, t\}$. Com isso, a estrutura de (2.4) fica reduzida, bastando para tal eliminarmos a componente z da equação, o que faz com que R passe a representar uma rotação no plano, isto é, $R \in SO(2)$.

Consideremos então determinado observável f cujo valor pode depender de posição, velocidade e tempo como variáveis independentes. Vejamos o que ocorre com o valor de f quando fazemos:

- i) Um deslocamento temporal: $t \rightarrow t' = t + \tau$
- ii) Um deslocamento espacial:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x + L_x \\ y + L_y \end{pmatrix}$$

- iii) Uma rotação:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\text{sen}\theta \\ \text{sen}\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}.$$

Vamos supor que os parâmetros τ , L_x , L_y e θ sejam infinitesimais de modo que possamos estimar a variação de f em primeira ordem nestes parâmetros. Nas expressões abaixo escrevemos explicitamente apenas a dependência de f com os parâmetros que estão variando.

- i) Para um deslocamento temporal temos:

$$f(t) \rightarrow f(t + \tau) \approx f(t) + \tau \frac{\partial f}{\partial t}. \quad (2.5)$$

Assim, $f(t + \tau) - f(t) \stackrel{\text{def.}}{=} \delta_\tau f = \tau \frac{\partial}{\partial t} f$. Usamos a notação $\delta_\tau = \tau \frac{\partial}{\partial t}$ corresponde ao “objeto” que nos fornece quanto f variou ao alteramos t para $t + \tau$.

ii) Para um deslocamento espacial temos:

$$f(x, y) \rightarrow f(x + L_x, y + L_y) \approx f(x, y) + L_x \frac{\partial f}{\partial x} + L_y \frac{\partial f}{\partial y}. \quad (2.6)$$

Neste caso temos $f(x + L_x, y + L_y) - f(x, y) \stackrel{def.}{=} \delta_{\vec{L}} f = \left(L_x \frac{\partial}{\partial x} + L_y \frac{\partial}{\partial y} \right) f$.

iii) Por fim, sob uma rotação com $\theta \ll 1$, temos:

$$\begin{pmatrix} \cos\theta & -\text{sen}\theta \\ \text{sen}\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 1 & -\theta \\ \theta & 1 \end{pmatrix}.$$

Assim,

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\theta \\ \theta & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x - \theta y \\ y + \theta x \end{pmatrix}.$$

Logo,

$$f(x, y) \rightarrow f(x - \theta y, y + \theta x) \approx f(x, y) - \theta y \frac{\partial f}{\partial x} + \theta x \frac{\partial f}{\partial y}. \quad (2.7)$$

Como fizemos anteriormente, escrevemos

$$f(x - \theta y, y + \theta x) - f(x, y) \stackrel{def.}{=} \delta_R f = \theta \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) f.$$

Vamos unir os resultados acima, uma vez que todos os três possuem a mesma estrutura:

$$\delta_\tau = \tau \frac{\partial}{\partial t}, \quad (2.8)$$

$$\delta_{\vec{L}} = L_x \frac{\partial}{\partial x} + L_y \frac{\partial}{\partial y}, \quad (2.9)$$

$$\delta_R = \theta \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right). \quad (2.10)$$

As expressões (2.8)-(2.9) possuem a mesma forma: o parâmetro da transformação multiplicado por certo objeto que atua sobre f . Os parâmetros são tempo, distância e ângulo, enquanto as derivadas são o que chamamos de geradores das transformações.

Vejamos agora o que podemos considerar conhecido sobre simetria e leis de conservação. A primeira grandeza que se conserva no tempo que podemos imaginar é a energia. Sabemos que funções que descrevem energias, no caso de movimentos sem atrito e na presença de certo potencial, NÃO dependem explicitamente do tempo. Consideremos então o movimento de uma partícula de massa m sob a ação

da gravidade tal que

$$h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2.11)$$

$$v(t) = v_0 - g t. \quad (2.12)$$

A partir das expressões acima, somamos energia cinética com energia potencial,

$$E_C + E_P = \frac{m}{2} v^2(t) + m g h(t) = \frac{m}{2} v_0^2 + m g h_0. \quad (2.13)$$

O resultado é pelo menos curioso. Mesmo com as funções v e h variando com o tempo, a combinação $E_C + E_P$ não depende de t ! Se f que usamos anteriormente representar a energia total, temos: $f(x, y, t) = E_C + E_P$. Então, um deslocamento temporal $t \rightarrow t' = t + \tau$ faz com que f não se altere (pois f não depende explicitamente do tempo). Com 'não se altere' queremos dizer exatamente SIMETRIA. Portanto, de maneira não formal, podemos concluir que simetria por deslocamento temporal implica em conservação de energia.

Vamos agora ao segundo caso. Consideremos observáveis bem conhecidos da mecânica que sejam função somente da velocidade e não da posição de determinada partícula. Por exemplo, $\vec{p} = m\vec{v}$ ou $E_C = \frac{m}{2} \vec{v}^2 = \frac{\vec{p}^2}{2m}$. Estes observáveis são invariantes por deslocamentos espaciais. De fato, seja $p = m v_x$ o momento linear de uma partícula de massa m na direção x . Trocando $x \rightarrow x' = x + L$, temos:

$$\begin{aligned} p \rightarrow p' = m v'_x &= m \frac{x'_f - x'_i}{t_f - t_i} \\ &= m \frac{x_f + L - x_i - L}{t_f - t_i} = m \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = p. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Ou de maneira direta, $\delta_L p = L \frac{\partial p}{\partial x} = 0$. Como $\delta_L p = p' - p$, segue que $p' = p$. Ou seja, a invariância por deslocamento espacial implica em conservação do momento linear.

De maneira bem informal, associamos p e $\frac{\partial}{\partial x}$. Se utilizarmos este resultado, então vemos que o gerador de uma rotação que tem a forma dada em (2.10):

$$x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x}$$

pode ser associada a

$$x p_y - y p_x. \quad (2.15)$$

Ora, mas a expressão acima é a componente z de um momento angular. Daí concluímos que o momento angular gera rotações e que a invariância por rotações implica na sua conservação. Para completar este capítulo, vamos considerar um exemplo de simetria por rotações. Uma partícula de massa M girando em movimento circular uniforme ao redor de um eixo z com velocidade angular constante, como na Figura 2.4. Os eixos x, y ; x', y' ou x'', y'' deixam claro que há invariância por rotações. A

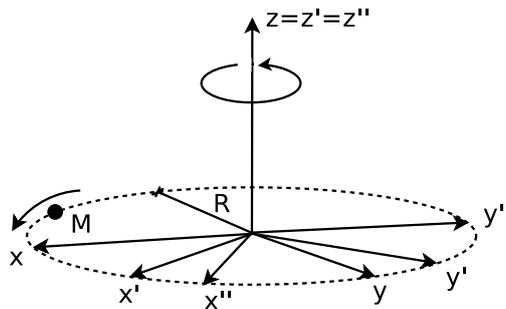


Figura 2.4: Partícula de massa M girando em uma circunferência de raio R ao redor de um eixo com velocidade angular constante.

descrição do problema é a mesma quando rotacionamos os eixos coordenados ao redor do eixo $z = z' = z''$.

A posição da partícula com o passar do tempo é dada por

$$\vec{r}(t) = R\cos\omega t\hat{i} + R\sin\omega t\hat{j}, \quad (2.16)$$

onde R é o raio da circunferência que a partícula descreve, ω sua velocidade angular e \hat{i} e \hat{j} são vetores unitários que apontam nas direções x e y . Por sua vez, a velocidade da partícula é dada por

$$\vec{v}(t) = -\omega R\sin\omega t\hat{i} + \omega R\cos\omega t\hat{j}. \quad (2.17)$$

Construímos, então, a expressão (2.15) usando as componentes x, y, p_x e p_y ,

$$xp_y - yp_x = M\omega R^2(\cos^2\omega t + \sin^2\omega t) = M\omega R^2. \quad (2.18)$$

Como era de se esperar, de fato a combinação (2.15) não muda com o passar do tempo. Neste caso, esta grandeza conservada coincide com o momento angular da partícula:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = M\omega R^2\hat{k}. \quad (2.19)$$

A descrição formal de toda nossa apresentação anterior é extremamente técnica e

foge do escopo deste trabalho. Tal descrição é fornecida pelo teorema de Nöther [10]. Seu enunciado corrobora nossos primeiros parágrafos. A ideia é que leis de conservação são consequências de simetrias que um sistema lagrangiano apresenta.

Capítulo 3

Referencial Teórico

Este capítulo de referencial teórico será dividido em duas seções. Na primeira apresentamos as ideias centrais de Aprendizagem Significativa, seguido por uma seção destinada à descrição de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas particularmente ligada à esta dissertação.

3.1 Ausubel, Moreira e a Aprendizagem Significativa

Quando fazemos referência a teoria da aprendizagem proposta por David Ausubel falamos da abordagem focada em uma teoria de aprendizagem denominada "aprendizagem cognitiva". Em linhas gerais é a aprendizagem em que o conhecimento se estabelece em estruturas com certo grau de organização; essa estrutura organizacional é denominada por Ausubel como "estrutura cognitiva do aluno". Para que essa aprendizagem seja realmente significativa, Ausubel se fundamenta em dois elementos que são a Não-arbitrariedade e a Substantividade [11].

***Não-arbitrariedade** quer dizer que o material potencialmente significativo se relaciona de maneira não-arbitrária com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, o relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes, os quais Ausubel chama subsunçores. O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Novas ideias, conceitos, proposições, podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito e funcionem como pontos de “ancoragem” aos primeiros.*

***Substantividade** significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las. O mesmo conceito ou a mesma proposição podem ser expressos de diferentes maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, equivalentes em termos de significados. Assim, uma aprendizagem significativa não pode depender do uso exclusivo de determinados signos em particular.*

Para Ausubel também devemos considerar importante para determinar se o aluno irá alcançar a chamada aprendizagem significativa a conexão entre um novo saber e um saber já existente em sua estrutura cognitiva [12], ou seja, “O fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados.”

Em sua teoria Ausubel nomeia esse saber já existente como “subsunçor” e este será uma espécie de ancoradouro para um novo conhecimento a ser aprendido. Essa conexão entre um novo conhecimento e os subsunçores é hierárquica segundo Ausubel, de forma que conceitos mais simples se integram aos subsunçores formando uma estrutura mais complexa. É importante salientar que a existência de subsunçores de forma geral não é garantida e nem garante que os mesmos constituem uma estrutura elaborada de saberes. Os conceitos previamente “conhecidos” por um aluno podem

ser sim profundamente bem entendidos como também podem ser extremamente superficiais e pouco elaborados. Isso irá depender do grau de interação desse subsunçor com novos conhecimentos. Quanto maior a interação de um subsunçor com novas ideias maior a possibilidade de que ele se torne uma referência mais complexa e abrangente para novos aprendizados.

Ausubel também faz referência em sua teoria aos chamados “organizadores prévios” que seriam conceitos apresentados aos alunos de forma a ser uma base para os subsunçores [13].

Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados a um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade que o conteúdo do material instrucional a ser aprendido proposto por David P. Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa. Eles se destinam a servir como pontes cognitivas (subsunçores) entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que possa aprender significativamente o novo conteúdo. Ausubel propõe os organizadores prévios como a estratégia mais eficaz para facilitar a aprendizagem significativa quando o aluno não dispõe, em sua estrutura cognitiva, dos conceitos relevantes para a aprendizagem de um determinado tópico. Os organizadores prévios não devem ser confundidos com sumários e introduções que são escritos no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que se segue, simplesmente enfatizando os pontos principais desse material. Na concepção ausubeliana, os organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de um tópico específico. Por outro lado, os materiais introdutórios construídos para este estudo, são denominados pseudoorganizadores prévios, porque se destinam a facilitar a aprendizagem de uma unidade.

Dois processos devem ser destacados na teoria Ausubeliana, pois são fundamentais. Eles são *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa*. O primeiro consiste na ancoragem de um novo conceito a um conceito subsunçor com a modificação de ambos durante o aprendizado e o segundo aponta para a situação em que conceitos já existentes podem se reorganizar na estrutura cognitiva dos alunos de forma a originarem uma nova significação. Para Ausubel toda aprendizagem significativa irá passar invariavelmente por estes dois processos.

A aprendizagem significativa irá ocorrer de forma efetiva quando o processo chamado por Ausubel de "Assimilação" se configurar. Esse processo, em linhas gerais, passa por: o aluno ser apresentado a um novo conhecimento potencialmente significativo; esse novo conhecimento ser relacionado a um subsunçor; como resultado dessa interação o novo conhecimento e o subsunçor passam a ter um significado mais complexo e integrado. Este processo configura a diferenciação progressiva.

A análise/avaliação de real ocorrência da "Assimilação" e, por conseguinte da Aprendizagem Significativa não é algo fácil de ser feito, posto que a vida de um estudante pode muitas vezes levá-lo a uma rotina de avaliações relacionadas a um processo de aprendizagem chamado Aprendizagem Mecânica que Ausubel define como um processo em que as novas informações não se relacionam com o conhecimento já existente, o que pode ser representado pelo simples ato de decorar fórmulas ou enunciados de certos conceitos. A aprendizagem Mecânica é por muitas vezes uma ponte para a Aprendizagem Significativa, porém o educador deve tentar diferenciar uma da outra.

As avaliações referentes à Aprendizagem Significativa devem sempre buscar da parte do estudante a capacidade de integrar os conhecimentos adquiridos aos já existentes, em vista disso situações problemas serão propostas como uma forma mais adequada de avaliação e não perguntas mais diretas em que simples definições ou conceitos devam ser enunciados.

Nesse momento acredito que seja interessante também falar sobre uma abordagem que converge tanto com os objetivos deste trabalho quanto com sua aplicação, que é a abordagem dada por Joseph Donald Novak. Novak apresenta no contexto de uma aprendizagem significativa, o caráter humanista que se faz presente/necessário, além do interesse no aprendizado o aluno que também precisa se relacionar de forma afetiva com o processo. O aprendizado irá se dar de maneira que haja uma troca de conhecimentos e também sentimentos e, nesse processo, ocorrerá uma retroalimentação; À medida em que os conceitos vão ganhando significação eles também serão percursos de uma experiência afetiva positiva e vice versa. Devido a isso o papel do educador deve também alcançar tal dimensão fazendo de cada momento do processo de aprendizagem também seja uma oportunidade de se vivenciar de maneira afetiva experiências positivas [11].

A aprendizagem significativa subjaz a construção do conhecimento humano e o faz integrando positivamente pensamentos, sentimentos e ações, conduzindo ao engrandecimento pessoal.

3.2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

O ensino de Física vem ao longo dos últimos anos se tornando cada vez mais um motivo de preocupação para a comunidade acadêmica. Tanto alunos quanto professores se queixam das dificuldades que enfrentam para aprender e ensinar a Física. Dificuldades como a falta de capacitação de professores, o distanciamento dos currículos escolares da realidade dos alunos e, como consequência, a não contextualização com o cotidiano são alguns dos fatores que nos fazem buscar algum tipo de alternativa para que possamos trabalhar de uma forma mais atraente e eficiente quando falamos de ensino de Física.

Como uma possível alternativa, escolhemos neste trabalho as ideias de David Ausubel (Aprendizagem Significativa) e de Marco Antônio Moreira para a elaboração de uma UEPS para introduzir o conceito de "Simetria" como um dos elementos estruturantes em teorias físicas. Para isso iremos abordar o tema de Simetrias e a conservação da energia mecânica.

Por Aprendizagem Significativa estamos assumindo o processo em que o estudante tem a oportunidade, baseando-se em seus conhecimentos prévios a cerca de um tema, de construir novos significados e que possa aplicar esse aprendizado em seu cotidiano, em um processo que se desenvolva com intencionalidade por parte do estudante.

Por Aprendizagem Significativa Crítica assumimos [14]

“é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. É através dessa aprendizagem que o indivíduo poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugados por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dela que poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela. Por meio dela poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças.”

Devemos ainda ter o entendimento sobre "Consolidação", um princípio básico da estrutura ausubeliana que consiste na sedimentação de um assunto a ser estudado de forma que esse possa efetivamente ser considerado significativo. Ainda há a chamada Diferenciação Progressiva, que de maneira simplificada representa a progressiva elaboração dos conceitos que vão sendo mais e mais detalhados ao longo do processo.

Como objetivo geral, a UEPS "Simetrias e Leis de Conservação em Física" visa propor uma abordagem alternativa para o ensino de leis de conservação em Física, discutindo o conceito de simetria e como simetrias podem ser usadas como justificativa para a fenomenologia em Física. Como objetivos específicos, o trabalho se propõe a apresentar uma proposta em sala de aula diferente da que os alunos estão habituados e saturados, o que por si só pode ser um motivador para que haja maior interesse pelo tema. E também levar para as aulas de Física o tema "Simetrias", buscando uma estruturação que permita uma abordagem mais contemporânea.

De acordo com Caruso [6],

Desde os primórdios da Física na Grécia Antiga considerações de simetria têm-se demonstrado uma ferramenta muito poderosa e útil (quase indispensável) para a compreensão e a explicação racionais da natureza. Além disso, argumentos de Simetria vêm se constituindo, gradualmente, ao longo de toda a história da Física, e com particular destaque no século XX, em um dos principais pilares da formulação teórica das leis físicas.

Também é um dos objetivos da UEPS levar os alunos a serem capazes de identificar simetrias e de que, a partir delas, podemos ter resultados observáveis.

Nossa UEPS teve como base de estruturação os passos descritos por Moreira e citados a seguir (veja abaixo os Elementos de uma UEPS). De fato o sequenciamento das atividades se baseou nestes pontos, mas em alguns momentos houve a integração entre os itens.

Elementos de uma UEPS

O produto deste mestrado é uma UEPS. Descreveremos aqui como o referencial teórico dá suporte à UEPS por nós proposta, além de apresentá-la a partir de uma sequência de passos.

1. Situação inicial: definir o assunto específico a ser abordado. Identificar seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria em estudo.
2. Situações-problema: proporcionar produções textuais, debates, discussões, questionários, mapas conceituais, mapas mentais e situações-problema que levem o aluno a externalizar seus conhecimentos prévios, aceitos ou não aceitos no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem

significativa do assunto em questão. Nessa etapa é importante propor situações-problema, em nível inicial, levando em consideração o conhecimento prévio do aluno com o objetivo de prepará-lo para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. As situações-problema podem funcionar como organizadores prévios, dando sentido aos novos conhecimentos. No entanto, o aluno deve percebê-las como problemas, sendo capaz de modelá-las mentalmente. As situações-problema podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, sempre de modo acessível e problemático, isto é, não devem ser abordadas apenas como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo.

3. Revisão: é importante retomar os tópicos que foram abordados nas aulas anteriores. Por isso, o professor deve iniciar a aula com uma revisão, ou seja, uma mini aula expositiva sobre o que foi estudado até o momento, abrindo espaço para discussões e perguntas dos alunos.
4. O processo de ensino: após serem trabalhadas as situações-problemas iniciais e a retomada dos tópicos abordados em aulas anteriores deve-se apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em consideração a diferenciação progressiva: começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando e abordando aspectos específicos do assunto. A estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo. Conforme Moreira (2011), duas premissas se estabelecem na teoria da aprendizagem significativa: a primeira afirma que em situação formal de ensino deve-se tomar como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno no campo conceitual em questão e a segunda afirma que o sujeito que aprende vai diferenciando progressivamente e, ao mesmo tempo, reconciliando integrativamente os novos conhecimentos em integração com aqueles já existentes.
5. Nova situação problema em nível mais alto de complexidade: dar continuidade às abordagens, porém em nível mais alto de complexidade em relação às primeiras apresentações. Nessa etapa, as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade e devem-se dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e aos exemplos

já trabalhados, isto é, promover a reconciliação integradora. Após essa apresentação é importante propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente ao negociar significados, tendo o professor como mediador.

6. Avaliação da aprendizagem na UEPS: deve ocorrer ao longo do desenvolvimento da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. É importante que haja uma avaliação somativa individual após a sexta etapa, na qual deverão ser propostas situações que impliquem compreensão e que evidenciem captação de significados. A avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas de forma colaborativa e registros do professor) como na avaliação somativa.
7. Encontro final integrador: nesta etapa conclui-se a unidade de ensino dando continuidade ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora buscando a reconciliação integrativa. A reconciliação deve ser feita através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto ou o uso de um recurso computacional, sempre com a mediação do docente. O importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade.
8. Avaliação da própria UEPS: se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa como: captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema, então podemos dizer que a UEPS obteve êxito.

Capítulo 4

Metodologia

Este capítulo será dedicado à metodologia de aplicação da UEPS discutida no Referencial Teórico. Ela aborda em seu desenvolvimento os temas Simetrias na Matemática, Simetrias nas Artes Plásticas, Simetrias em sistemas físicos, trabalho e energia mecânica e lei de conservação da energia mecânica. Dividiremos o capítulo por seções, fornecendo uma lista de passos para aplicação da UEPS.

Etapa 1

No primeiro momento os alunos irão responder em grupo um questionário cujo objetivo é evidenciar as concepções prévias sobre o tema simetria. As seguintes questões são postas aos alunos:

1. O que é para você simetria?
2. O que é um eixo de simetria? Cite exemplos.
3. Para vocês, existe algo que se possa perceber a respeito de simetrias além da ideia de eixo de simetria?
4. Cite alguma situação em que você pode identificar simetrias em áreas como esportes, artes plásticas e outras que vocês entendam que devem ser citadas.
5. O que é uma quebra/violação de simetria? Cite exemplos.
6. Em situações que apresentem algum tipo de simetria é possível dizer se a simetria percebida é a consequência inerente ao contexto ou pode ser a causa para o contexto?

Após os grupos debaterem e responderem algumas questões, estas deverão ser usadas como motivação para um debate entre todos os grupos (previsão de 2 aulas de 50 minutos cada).

Etapa 2

No segundo momento o professor irá iniciar a discussão sobre os conceitos de simetria apresentados como resposta ao questionário. Espera-se que a maioria das respostas façam referência aos aspectos de simetrias geométricas. Cabe ao professor nesse momento mediar e orientar a discussão para a perspectiva de que simetrias podem estar presentes em diferentes contextos.

É apresentado então um trecho com os 9 primeiros minutos do vídeo "Arte & Matemática - Simetria", produzido pelo Ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>, onde são apresentados vários tipos de simetria e os alunos começam a relacionar a ideia de Simetria não só a questões geométricas. Neste momento fazemos uso de organizadores prévios. A ideia é que, se os alunos ainda não possuem os subsunçores necessários para a ancoragem dos novos conhecimentos, possamos iniciar o desenvolvimento dos mesmos, posto que a real expectativa é que a maioria dos alunos não relacione simetria à outra perspectiva que não a geométrica. Um novo debate entre os grupos é proposto como encerramento (previsão de 2 aulas).

Etapa 3

Acreditamos que a ideia de que simetrias podem se manifestar de diferentes maneiras já se mostre razoável para os alunos nesse momento, e então propomos uma atividade prática que embora tenha um caráter geométrico pode ajudar a evidenciar diferentes tipos de Simetria. Os alunos recebem sólidos (cubo e esfera), para que mostrem quais as operações são possíveis para que evidenciem alguma simetria ou a sua quebra.

A atividade é norteada pelas seguintes questões:

1. Utilizando o cubo e a esfera, realize transformações de simetria neles, ou seja, digam quais possíveis transformações (movimentos) são aplicáveis que evidenciem algum tipo de simetria.
2. É possível que exista mais do que uma simetria, ou seja, você pode realizar duas ou mais operações de simetria em cada sólido?

3. Realize uma violação de simetria, ou seja, promova a quebra da simetria de alguma forma, sem destruir o sólido.
4. Quando você realizou a quebra de simetria alguma outra foi preservada? Isso seria possível?

Os grupos devem responder a estes questionamentos e novamente responder às perguntas do questionário inicial. A ideia da reconciliação pode ser percebida nesse momento, além do fato da complexidade das considerações que também é uma proposição da estrutura de uma UEPS (previsão de 2 aulas).

Etapa 4

O professor irá apresentar através de aulas expositivas os conceitos de trabalho e energia mecânica em uma aula expositiva para os alunos de maneira a contemplar o currículo formal. Após a apresentação dos conceitos será apresentado mais um trecho do vídeo (do minuto 9 ao minuto 14 e 50 segundos) onde o conceito de invariância temporal da energia é exposto (previsão de 2 aulas).

Etapa 5

Nesta etapa devemos revisar o que já foi feito de forma a explicitar para os alunos a evolução das ideias a partir da realização do questionário inicial até o presente momento. Um debate sobre as respostas será novamente proposto (previsão de 1 aula).

Etapa 6

O professor irá apresentar para os alunos a expressão para o trabalho da força peso de um corpo e a partir das equações de Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e das funções horárias para a velocidade e posição de um corpo se movendo verticalmente. Os alunos serão orientados a demonstrar a independência temporal da energia mecânica (previsão de 1 aula). Veja a equação [2.13](#).

Etapa 7

Neste momento, os alunos fazem uma avaliação somativa envolvendo questões tradicionais sobre cálculos de trabalho, energia, aplicação da conservação da energia

mecânica e também irão produzir um parágrafo a respeito da invariância temporal da conservação da energia sobre uma perspectiva que considere a simetria. Eles deverão responder questões em que uma delas envolva demonstração da invariância temporal da energia mecânica.

Etapa 8

Os alunos novamente respondem às perguntas do questionário inicial e o professor apresenta alguns resultados de Física Contemporânea envolvendo simetrias para reforçar a relação de Física e argumentos de simetria para o encerramento da UEPS.

A avaliação somativa realizada na etapa 7 não figura de forma única como maneira de avaliar a aplicação da UEPS. Contudo, acreditamos ser de relevante interesse uma discussão a respeito de como os alunos se saíram realizando questões de caráter mais pragmático sobre energia e conservação da energia após as atividades da UEPS. Esperamos que a aplicação possa provocar um grau de questionamento maior à respeito destas situações.

Capítulo 5

O Produto Educacional

O produto deste mestrado é uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) para o ensino de Simetrias e Conservação da Energia Mecânica.

Na construção de nossa UEPS consideramos 4 pontos que julgamos importantes. Buscamos enquadrar o tema simetria em um conteúdo tradicionalmente abordado no Ensino Médio, no caso, 1- Trabalho de uma força, energia mecânica e a sua conservação; 2- estímulo a discussão epistemológica sobre o papel que as simetrias podem desempenhar na Física e seu papel frente às medidas experimentais, principalmente; 3- o papel de uma medida experimental e como ela está inserida no contexto de discussão sobre as simetrias; 4- como o conceito de simetria se estende para outras áreas do conhecimento. Acreditamos que os 4 pontos levantados torna possível inserir uma discussão contemporânea do que se deve desenvolver dentro de uma proposta de ensino mais atualizada.

Esses pontos epistemológicos a que nos referimos vêm do fato de:

i- Os alunos trazem como concepções prévias sobre a ideia de que a simetria é uma manifestação puramente espacial, o que é insuficiente para a Física;

ii- há uma discussão epistemológica de grande relevância na Física Moderna de que as simetrias conduzem ou não uma realidade, a um fato experimental. Sobre essa discussão era importante apenas levantar o debate, porém não era necessário se posicionar dentro de uma corrente epistemológica.

iii- evidenciar que um princípio, tal como o de simetria, pode ter ou não uma consequência experimental;

iv- discutir a Física Clássica à luz de uma discussão que a aborde a visão epistemológica sobre a Física Contemporânea.

Justificativa: A algum tempo o ensino de Física no Brasil vem se tornando de certa forma ineficiente, os alunos apresentam cada vez menores índices de aprendi-

zado de acordo com pesquisas educacionais [6, 15] e isto se mostra como um reflexo da falta de interesse por parte dos estudantes, além e das dificuldades metodológicas e de abordagem dos assuntos por parte dos professores. Novas metodologias e novos temas que se integram mais efetivamente na vida dos estudantes podem ajudar a mudar o panorama desta situação.

À luz dessa perspectiva propomos a aplicação do estudo das Simetrias em diversos campos da Física, por meio de uma UEPS como forma de contextualizar os desafios da Física com a vida dos alunos [16, 17]. A simples ideia de Simetria já abre um leque de possíveis debates que podem motivar o aluno e se envolver mais fortemente com o estudo de Física e a abordagem epistemológica voltada para a aprendizagem significativa definida por Ausubel. Essa nos parece uma alternativa para combater principalmente a falta de interesse em estudar Física por parte dos alunos .

Objetivo geral: Propor uma abordagem alternativa para o ensino de leis de conservação em Física discutindo o conceito de Simetria e como simetrias podem ser usadas como justificativa para a fenomenologia em Física, usando como situação-chave a invariância temporal na conservação da energia mecânica.

Objetivos específicos: a) Apresentar uma proposta de trabalho em sala de aula diferente do que os alunos estão habituados e saturados.

b) Discutir as grandezas físicas "Trabalho" e "Energia Mecânica", Leis de Conservação.

c) Levar os alunos a ser capazes de identificar simetrias e de que, a partir delas, podemos obter resultados observáveis.

d) Levar para as aulas de Física o tema "Simetrias" buscando uma abordagem mais contemporânea.

Estrutura do produto Nossa UEPS foi elaborada de tal forma a apresentar os seguintes elementos em sua estrutura:

1- Apresentação da proposta de trabalho aos alunos, informando que estaremos estudando um dos temas do currículo da série sob uma abordagem diferenciada. Nesse momento a turma deve ser dividida em grupos de até quatro alunos. Após isso será feita a aplicação de questionário preliminar sobre simetrias, conforme a Figura 5.1. O objetivo deste questionário é identificar o que os alunos entendem por simetria, se os alunos conseguem perceber diferentes tipos de simetrias existentes, se os alunos associam de alguma maneira a ideia de simetria à ocorrência de algum fenômeno físico ou não, se os alunos relacionam a ideia de simetria com algum conceito físico.

AULA 01 SIMETRIAS E FÍSICA

Questionário Inicial

DEBATER SOBRE CADA QUESTÃO E ELABORAR RESPOSTAS COLETIVAS PARA CADA UMA DELAS .

1 - O que é para você SIMETRIA?

2 – O que é um eixo de SIMETRIA? Cite Exemplos.

3 – Para vocês existe algo que se possa perceber a respeito de SIMETRIAS além da ideia de eixo de simetria?

4 – Cite alguma situação em que você pode identificar SIMETRIAS em áreas como esportes, artes plásticas e outras que vocês entendam que devam ser citadas .

5 – O que é uma quebra/violação de SIMETRIA? Cite exemplos.

6 – Em situações que apresentem algum tipo de SIMETRIA é possível dizer se a SIMETRIA percebida é a consequência_inerente ao contexto ou pode ser a causa para o contexto ?

Figura 5.1: Questionário preliminar aplicado para os alunos.

Após a realização do questionário inicial, os alunos em um grande grupo devem debater algumas das questões com a mediação do professor. As respostas analisadas e as concepções prévias identificadas devem ser usadas como base para a estruturação das aulas seguintes (2 aulas). Vale ressaltar que o questionário para verificação de concepções prévias também pode ser considerado um organizador prévio à medida em que remete aos alunos a possibilidade de relacionar simetrias a outras interações que não só as geométricas .

2- A partir das respostas ao questionário o professor deve propor que os grupos

debatam as questões. Nesse momento, cabe ao professor mediar o debate fazendo a inserção se necessário de alguns organizadores prévios. Estaremos também revisando os tópicos abordados no questionário. Em seguida deve ser apresentado aos alunos os nove primeiros minutos do vídeo Arte & Matemática - Simetria produzido pelo ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4> , onde são apresentados vários tipos de simetria e os alunos podem começar a relacionar a ideia de Simetria não só a questões geométricas. Esperamos com isso que os alunos possam perceber que o conceito de simetria pode ser interpretado por diferentes perspectivas (1 aula).

3- Passamos agora para uma atividade prática. Os grupos irão receber sólidos geométricos em isopor ou papelão (esfera e cubo) para que digam quais possíveis transformações (movimentos) são aplicáveis para que se evidenciem alguma simetria e quais poderiam ser as opções para que essas simetrias sejam violadas. Acompanham os sólidos um roteiro para a atividade prática, conforme a Figura 5.2. Se houver tempo as conclusões sobre os sólidos serão lidas para o grande grupo e discutidas. A expectativa é que os grupos cheguem à conclusão que existem tipos diferentes de simetrias e que nem todos os tipos podem ser aplicados em todos os casos (2 aulas).

4- O professor irá apresentar através de aulas expositivas os conceitos de trabalho mecânico, energia cinética, energia potencial gravitacional, além de revisar as funções horárias para posição e velocidade em movimentos acelerados. Dessa forma o currículo formal se insere no contexto do trabalho. Após a apresentação dos conceitos será apresentado mais um trecho do vídeo Arte & Matemática - Simetria onde o conceito de invariância temporal da energia é exposto (2 aulas).

5- O professor irá apresentar para os alunos a expressão para o trabalho da força peso de um corpo e a partir das equações de energia cinética, energia potencial gravitacional e das funções horárias para a velocidade e posição de um corpo se movendo verticalmente os alunos serão orientados a demonstrar a independência temporal da energia mecânica. A seguinte questão foi proposta para os alunos:

Questão proposta

Sabendo que para uma partícula sob ação de um campo gravitacional, as funções horárias de posição e velocidade são dadas por,

$$v(t) = v_0 - gt \text{ e que } h(t) = h_0 + v_0t - \frac{gt^2}{2},$$

mostre que a energia mecânica total da partícula,

$$E = \frac{m}{2}v^2(t) + mgh(t)$$

ATIVIDADE PRÁTICA SIMETRIAS E FÍSICA

Grupo _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

OS GRUPOS IRÃO RECEBER UM CUBO E UMA ESFERA .

1 – Realize transformações de simetria nos sólidos, ou seja, digam quais as possíveis transformações (MOVIMENTOS) são aplicáveis para que evidenciem alguma simetria. Anote essas operações .

2 – É possível que exista mais de uma simetria, ou seja, você pode realizar duas ou mais operações de simetria em cada um dos sólidos recebidos ?

3 – Realiza a violação ou quebra da simetria, ou seja, promova a quebra de simetria de alguma forma, sem destruir o sólido.

4 – Quando você realizou a quebra de simetria, alguma outra simetria foi preservada? Seria possível isso?

Figura 5.2: Atividade prática: operações de simetrias em cubos e esferas.

não depende do tempo.

Após o término da atividade, os alunos deverão elaborar um parágrafo sobre o

resultado encontrado (2 aulas).

6- Neste momento os alunos fazem uma avaliação somativa envolvendo questões tradicionais sobre cálculos de trabalho, energia e aplicação da conservação da energia mecânica. Segue abaixo a lista de questões propostas aos estudantes.

Q1) Um objeto é abandonado a $5m$ de altura. Utilizando-se do princípio da Conservação da Energia Mecânica, calcule a velocidade de chegada ao solo.

Q2) Um corpo é lançada verticalmente para cima, com velocidade inicial de $10m/s$. Desconsiderando forças dissipativas, qual a altura máxima atingida?

Q3) Um bloco de massa $m = 5kg$ é preso a uma mola de constante elástica $k = 2 \times 10^3 N/m^2$, como na Figura 5.3. A mola é comprimida de uma distância



Figura 5.3: Figura ilustrativa para a questão somativa 3.

$x = 2,5cm$ do seu comprimento natural. Sabendo que o bloco desloca-se sem atrito, determine a altura atingida por ele ao liberarmos a mola.

Q4) A não Conservação da Energia Mecânica pode ser uma quebra de simetria? Como ela pode ser realizada?

7- Os alunos novamente respondem às perguntas do questionário inicial e o professor apresenta alguns resultados de Física Contemporânea envolvendo Simetrias para reforçar a relação entre Física e argumentos de Simetria para o encerramento da UEPS.

A avaliação da UEPS será feita à medida em que os alunos realizarem as atividades de cada etapa. O professor irá monitorar se durante os sucessivos momentos da aplicação a forma como os alunos respondem e apresentam evidências de Aprendizagem Significativa. Algumas dessas evidências talvez se configurem sob forma de diferentes respostas às questões do questionário aplicado no início e final da aplicação. Também podemos buscar evidências de Aprendizagem Significativa nos parágrafos elaborados após a realização da atividade prática e da demonstração da invariância temporal da energia mecânica. Como atividade de encerramento da UEPS são apresentados aos alunos alguns resultados de Física Contemporânea em que simetrias são o argumento norteador.

Capítulo 6

Aplicação, análise e reflexão da UEPS

Como objetivo deste capítulo esperamos, na primeira parte, relatar de forma clara como em nosso contexto a UEPS foi aplicada. Em cada momento da aplicação que se fizer necessário faremos menção a algum elemento estruturante do referencial teórico para dar suporte às atividades realizadas.

Na segunda parte do capítulo faremos uma análise do trabalho como um todo, buscando evidências da aprendizagem significativa em nossos alunos. Vamos tentar mostrar que, de fato, alcançamos nosso objetivo, apresentando comparações entre respostas antes e depois e registros das atividades desenvolvidas ao longo da UEPS.

6.1 Relato da Aplicação

- **Primeira etapa (2 aulas)**

A aplicação da UEPS foi realizada em uma turma de Ensino Médio com 35 estudantes de uma escola pública da rede federal de ensino técnico. É importante ressaltar que se trata de uma turma de ensino técnico integrado ao Ensino Médio. As aulas curriculares de Física, ao total de 2 aulas de 50 minutos, ocorrem no período da tarde e os alunos estudam em tempo integral. A carga horária média dos alunos, incluindo a componente de formação técnica, faz com que eles tenham, em média, 50 horas/aula por semana, sendo o curso técnico em que a nossa UEPS foi aplicada a que existe maior sobrecarga de aulas entre os cursos integrados, com cerca de 20 horas/aulas semanais referentes à componente curricular de formação técnica.

Há também um ponto a se destacar que todos os alunos da instituição, não apenas desse curso, passam por um exame seletivo de ingresso. O curso técnico em que foi aplicada a UEPS é o segundo de maior concorrência no exame seletivo, o que

faz com que esses estudantes tenham preparação adequada para o Ensino Médio.

O desenvolvimento da UEPS se deu durante o meu estágio obrigatório no mes-trado. Pude acompanhar toda a aplicação embora não tenha sido realizada em turmas nas quais leciono, pois passamos por greves e paralisações. Ela foi desenvolvida no segundo semestre, o que nos permitiu, inclusive, um efeito comparativo com o primeiro semestre, segundo os relatos do professor regente da turma. As aulas de Física ocorreram todas no período da tarde ainda nos primeiros horários, sendo logo após ao almoço. Fazemos esse destaque pelo fato de podermos ter percebido que os atrasos na chegada da aula, bem como os cansaços comumente alegados pelos estudantes, diminuíram significativamente e eles se tornaram bastante ativos.

No primeiro momento a ideia apresentada à turma foi de se discutir um dos conteúdos do currículo formal de uma maneira diferente daquela que outras turmas fariam. Para explicar a nossa proposta de abordagem do conteúdo programático de maneira simplificada dissemos que o trabalho seria feito baseado em discussões e atividades em grupo. Como não poderia deixar de ser, uma das primeiras perguntas feitas foi a respeito das avaliações, uma vez que a estrutura educacional em que nossos alunos estão inseridos trás como uma das suas principais características ter como forma de avaliação as avaliações somativas, as tradicionais provas que muitas vezes não têm o alcance ideal para a avaliação da aprendizagem, mas ainda são a referência que muitos alunos e professores têm para o processo de avaliação. O que definimos foi vincular parte da pontuação da etapa de trabalho dos alunos (Bimestre) às atividades realizadas em nossa UEPS. Para cada momento seria atribuída uma pontuação que se juntaria aos demais processos de avaliação bimestral.

Após o debate sobre como seria o processo de avaliação dos trabalhos demos início à divisão da turma em grupos de trabalho. Acreditamos que o número ideal de integrantes de cada grupo seriam 4 alunos e assim o fizemos. Nesse momento é importante que o professor tenha a sensibilidade para intervir de maneira que os grupos possam ser formados de maneira que o trabalho seja feito com a participação de todos os membros.

Os grupos então escolheram nomes, Quarteto IFantástico com 4 integrantes, Kamp com 4 integrantes, Clube das Winx com 5 integrantes, Bolo de Cenoura com 4 integrantes, Três Mosqueteiros e Meio com 4 integrantes, Rec? “Tô Fora” com 4 integrantes, Matemáticos com 4 integrantes e os Newtinhos também com 4 integrantes, de forma totalmente livre como pode ser percebido pelos nomes listados e os trabalhos se iniciaram .

Uma observação importantíssima é que o professor deve estar atento ao tempo em cada etapa da UEPS para contextualizar a proposta e organizar a turma em grupos.

Foram utilizados quase 50 minutos (uma aula) e devemos tentar não exceder essa referência, salvo é claro as situações, que não são raras no sistema de ensino público e privado, em que o número de alunos na turma é muito maior do que esse.

Como primeira atividade, apresentamos aos grupos o questionário inicial 8.1, com o objetivo de identificarmos as chamadas concepções prévias dos alunos. Esse questionário deveria ser discutido em grupo e as respostas elaboradas deveriam ser entregues ao final da aula. Nesse momento, mais uma vez é fundamental a mediação do professor. De maneira geral, os alunos não estão habituados a trabalhar em grupo, portanto elaborar respostas em grupo por si só pode ser uma tarefa desafiadora. Outra questão é o vocabulário dos alunos, muitas vezes a construção das respostas pode precisar da ajuda do professor não em sua elaboração, mas para trazer o significado de alguns termos como, por exemplo, “Quebra de simetria”. É preciso negociar com as palavras para não darmos a resposta de pronto para os alunos.

O trabalho agora é do professor para tentar perceber as concepções dos alunos a respeito de simetrias.

• Segunda etapa (2 aulas)

Nesta aula, que aconteceu uma semana após a apresentação do questionário inicial, as ideias mais evidentes sobre simetria, ou seja, os subsunçores, estavam relacionadas à divisibilidade em partes iguais. Analisando as respostas, o entendimento demonstrado para o significado da palavra simetria apresentavam-se como um sinônimo para as palavras PROPORÇÃO, SEMELHANÇA, IGUALDADE e PADRÃO. Para quebra de simetria eles indicaram como possível significado uma ruptura em determinado padrão ou como o aparecimento de diferenças entre partes de um todo. Também ficou claro o caráter geométrico que os alunos atribuíam à simetria quando citaram como exemplos de situações onde a simetria poderia ser percebida a faixa central em uma estrada e a rede em uma quadra de basquete.

De maneira geral, a simetria é entendida como um fator que atua sobre os objetos provocando uma divisão em partes iguais e essa é a forma como os nossos alunos iniciaram o trabalho. Tendo esse panorama como plano de fundo, iniciamos um debate onde os grupos analisaram as respostas dos outros, tomando o cuidado para não identificar o grupo de origem de cada resposta. Esse foi um dos momentos usados para a apresentação de alguns organizadores prévios, sempre que possível a ideia de simetria aplicada a diferentes áreas era abordada, com um caráter provocativo. O fato de se estar discutindo algo que não é tão presente no dia a dia, pelo menos como alvo de análise, pode inibir alguns alunos a participar da discussão, porém pode fazer também com que a falta de entendimento facilite a manifestação de concepções prévias.

Após o período de uma aula de leitura e debates sobre as respostas, apresentamos os nove primeiros minutos do vídeo Arte&Matemática - Simetria produzido pelo ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>, onde são apresentados vários tipos de simetria e os alunos podem começar a relacionar a ideia de Simetria além das questões geométricas. Isto corresponde ao final da segunda etapa de aplicação do produto.

Mais uma vez a oportunidade de se consolidar alguns organizadores prévios se torna presente. Os exemplos citados nesse trecho do vídeo criam a possibilidade para a discussão tanto do papel que a simetria pode ter em representações visuais, que a princípio são muito perceptíveis para os alunos, quanto em áreas como Arquitetura, Artes Plásticas e Matemática. O exemplo, citando a construção dos algarismos em formato triangular e simétrico lateralmente, é um trampolim para a reflexão mais profunda de que se pode perceber simetria na estrutura matemática e não só na representação dos resultados obtidos, que até o momento são puramente geométricos.

Apesar de ter em torno de 9 minutos a discussão sobre este vídeo durou uma aula de 50 minutos, entre recortes e comentários do professor e perguntas dos alunos. Devo dizer que, no processo de aplicação da UEPS, esta é uma etapa que traz ao professor certa satisfação, pois os alunos começam a refletir sobre simetrias, o que por si só já se configura como um indicador da consolidação de novos conceitos sobre outros já existentes, configurando a chamada *assimilação progressiva*. Esta aula tem uma grande importância por representar um momento de reconciliação entre algumas ideias sobre simetria que os alunos tinham e eram corretas e outros conceitos que eles perceberam agora que não eram corretos, como por exemplo, a ideia de que simetria não está ligada apenas com a lateralidade e que pode haver, por exemplo, simetria rotacional.

• Terceira etapa (2 aulas)

Anteriormente, os alunos assistiram a um vídeo em que diferentes tipos de simetria podiam ser percebidas. Neste encontro a atividade se resumia a representar de forma concreta alguns destes tipos de simetria e representar o que até então não estava sendo abordado com clareza, ou seja, as quebras ou violações de simetria.

Os grupos receberam uma esfera e um cubo de isopor e uma ficha contendo orientações sobre o que deveria ser feito com os sólidos, além de algumas perguntas a serem respondidas, conforme a Figura 8.2. Devo dizer que é impressionante o potencial que alguns alunos podem demonstrar em relação a atividades desenvolvidas a partir de conhecimentos anteriores trazidos por eles, da correlação entre estes conhecimentos e as novas informações, e da interação com outros colegas. Cada

grupo deveria elaborar e aplicar aos sólidos alterações que evidenciassem alguma simetria e também alguma quebra de simetria. As situações deveriam ser escritas como resposta e os sólidos usados efetivamente para representá-las. A quantidade de possibilidades encontradas pelos estudantes para evidenciar simetrias e quebras de simetrias no cubo e esfera foi surpreendente, algumas imagens dos sólidos estarão na seção dedicada à análise dos trabalhos.

Um dos pontos que chama a atenção é a percepção dos alunos para a possibilidade de haver simetrias em níveis ou perspectivas diferentes, ou seja, simultâneas como pode ser percebido pela resposta à questão número 4 do questionário, elaborada pelo grupo Quarteto IFantástico:

“Podemos perceber que mesmo quebrando a simetria adicionando imagens aleatórias a forma continua a mesma. Portanto podemos concluir que ela ainda continua simétrica se levarmos em conta apenas esta característica(sic)”.

Ao final da atividade, acreditamos que a ideia de simetria, até então relacionada às estruturas geométricas, já se relacionem com outras perspectivas sobre a existência de diferentes tipos de simetrias percebidas em diferentes contextos. Também espera-se que a quebra de simetria não é absoluta, podendo haver uma quebra de simetria que mantenha ou crie outra simetria.

• Quarta etapa (2 aulas)

Este momento foi fundamental para o nosso trabalho, pois faz a ponte entre a proposta do estudo de simetrias como uma novidade para os alunos e o currículo formal da primeira série do Ensino Médio na cidade de Juiz de Fora. Nesse ponto, acredito ser importante ressaltar que, em Juiz de Fora, a estrutura dos currículos escolares é fortemente influenciada pelo vestibular seriado da UFJF, o PISM.

Foi apresentado aos alunos o segundo trecho do vídeo sobre simetrias, onde é colocado de forma muito clara a relevância de simetrias em Física. O professor Luís Carlos de Menezes exemplifica a conservação da energia mecânica como uma simetria com invariância temporal. O vídeo realmente faz os alunos pensarem na relação das simetrias com a Física como era esperado.

Posterior ao vídeo foi discutido com a turma nas aulas expositivas uma unidade curricular contendo as definições de Trabalho e Energia Mecânica, Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional, além de uma revisão sobre as funções horárias do movimento uniformemente variado para finalizar a etapa. É importante dizer que a forma como esses conteúdos são apresentados aos alunos é totalmente livre para o professor.

• Quinta etapa (2 aulas)

Na etapa inicial dessa aula os alunos fizeram alguns exercícios tradicionais envolvendo situações onde era necessário realizar cálculos de Energias, Trabalho mecânico, aplicações das funções horárias do movimento uniformemente variado. O objetivo desse trabalho é criar uma familiaridade dos alunos com a estrutura de questionamentos que avaliações formais trazem sobre os temas. Mais uma vez eles realizaram esses exercícios reunidos em grupo o que claramente se mostrou uma situação mais agradável para eles.

Para os alunos, como pudemos perceber ao longo dos encontros, a simetria passa a fazer parte de uma estrutura composta de vários elementos, entre eles as Artes Plásticas, a Arquitetura e também a Física. Esse entendimento de que simetria está realmente ligada à Física, acreditamos, se tornou mais claro depois dessa aula.

O trabalho que os grupos deveriam realizar era de acordo com as expressões para a energia mecânica de um corpo em movimento vertical e das funções horárias da velocidade e posição desse corpo; reescrever a expressão para a energia mecânica total e relatar em pelo menos um parágrafo a que conclusão haviam chegado. Os cálculos realizados por eles são similares aos que estão compreendidos na seção 2.3, Equação (2.13).

De início alguns grupos não entenderam realmente o que deveriam fazer, mas com a orientação do professor puderam começar a atividade. Outros grupos de pronto expressaram a energia mecânica como as somas das energias potencial gravitacional e energia cinética substituindo a velocidade e altura pelas funções de velocidade e posição. Nesse momento, para alguns grupos parecia que a pólvora havia sido descoberta, realmente a ideia de que simetria se traduzia em uma invariância ou uma invariância indicava a existência de uma simetria (definitivamente neste trabalho nós não nos focamos nessa discussão).

Com os resultados encontrados pelos grupos e pela leitura dos parágrafos, verificamos definitivamente que o objetivo principal da UEPS se mostrou atingido e a conservação da energia mecânica era percebida como sendo uma simetria da natureza. O grupo autointitulado Kamp disse:

“A partir da substituição feita nesse sistema, podemos concluir que a ideia de simetria vai além do que imaginamos, pelo simples fato de existir simetria não apenas em coisas materiais, mas que essa ideia é totalmente abrangente, e podemos encontrá-la em diversas formas. Foi o que encontramos nesse sistema de (equações), que após alterarmos os valores em sua fórmula, na qual nos serviu de base, conseguimos chegar à mesma fórmula, para termos uma conclusão sobre simetria.

Com isso justificamos que a energia não depende do tempo, ou seja, independente do tempo ela será sempre a mesma e para esse sistema a energia se conserva”.

Um outro exemplo foi dado pelo grupo Quarteto IFantástico:

“Substituindo $V(t)$ por $V_0 - gt$ e $h(t)$ por $h_0 + V_0 t - gt^2/2$ na fórmula $E = mv^2/2 + mgh$, voltamos à mesma fórmula, que mostra a independência no tempo ao calcularmos a energia. Isso acontece devido ao princípio da conservação da energia onde a energia se conserva, o que significa que qualquer que seja o tempo teremos a mesma energia o que é uma simetria”.

• Sexta etapa (2 aulas)

Como uma das atividades finais com os alunos foi proposto uma avaliação somativa, contendo questões com uma abordagem tradicional em relação aos temas Trabalho Mecânico, Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e Conservação da Energia, e uma última questão que relacionava o conceito de simetria à Conservação da Energia. Essa avaliação, apesar de uma estrutura tradicional, foi realizada em grupo pelos alunos.

Na última questão da avaliação foi perguntado se a situação em que a energia não se conservava seria uma quebra de simetria. Como exemplo de resposta para a questão, tomemos parte da resposta do grupo Newtinhos:

“Sim, pois há uma “quebra” na conservação da energia mecânica, a mesma quando conservada é um exemplo de simetria, pois é igual no começo e no final.

Tomando como base a estrutura de uma UEPS apresentada em nosso referencial teórico, estaríamos situados na sexta etapa estrutural, etapa na qual uma avaliação somativa é aplicada com o intuito de ajudar a compor a avaliação do aprendizado do aluno. Essa avaliação de aprendizado, como dito no referencial teórico, também se compõe da avaliação do desenvolvimento dos alunos em cada etapa de aplicação da UEPS, desenvolvimento que pode ser acompanhando pelos trabalhos (questionários, debates, textos produzidos) realizados durante as aulas, que chamamos de avaliação formativa.

Encerrada a avaliação, os grupos responderam novamente às questões do questionário inicial da UEPS e em um grande grupo discutiu-se todo o trabalho até ali. Essa discussão final tem de fato o objetivo de ser um fechamento para a discussão de nossa UEPS e uma oportunidade de promoção da *reconciliação integrativa*. Essa re-

conciliação integrativa, que em linhas gerais é a integração de concepções anteriores às discussões com novas concepções, fica evidente quando comparamos as respostas de um mesmo grupo para o questionário respondido no início e no final da aplicação da UEPS, como pode ser visto nas Figuras 6.1 e 6.2.

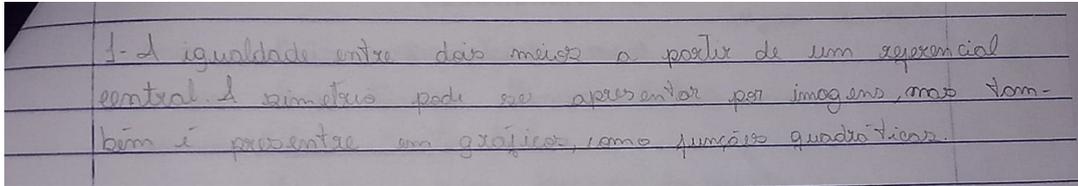


Figura 6.1: Primeira resposta para a pergunta: “O que é para você simetria?”, respondida pelo grupo Três Mosqueteiros e Meio.

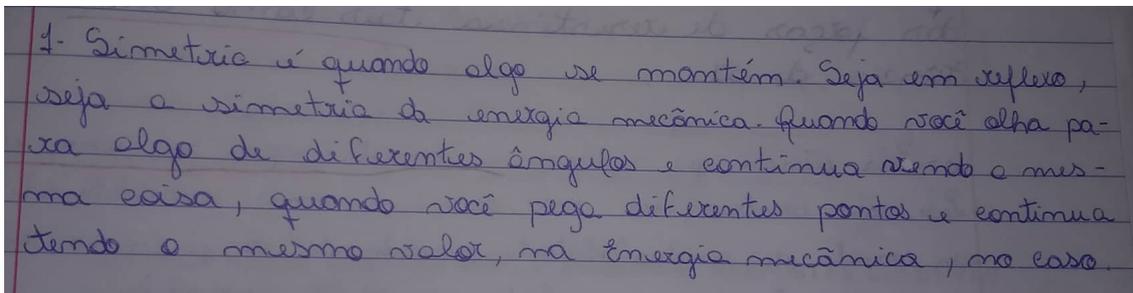


Figura 6.2: Segunda resposta para a pergunta: “O que é para você simetria?”, também respondida pelo grupo Três Mosqueteiros e Meio.

6.2 Análise da Aplicação

As análises do trabalho desenvolvido durante a aplicação da UEPS devem ser feitas tomando-se por base as respostas aos questionários aplicados inicialmente e no final da UEPS, além dos resultados produzidos em cada etapa pelos alunos. O objetivo de tal análise é que possamos perceber se ao longo da aplicação da UEPS ocorreram de fato a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa*.

O primeiro momento de aplicação, onde as concepções prévias foram levantadas se mostrou bastante eficiente, por meio do questionário na Figura 8.1 o entendimento dos alunos a respeito do que era simetria se mostrou associado a ideias de semelhanças entre partes, igualdade e padrões. Simetrias foram atribuídas prioritariamente à situações de natureza geométrica ou espacial como, por exemplo, uma quadra esportiva que é dividida em duas partes iguais por uma linha central.

Como um exemplo para das concepções prévias dos alunos, vejamos as respostas para as pergunta 1 e 3 na primeira aplicação do questionário. As respostas do grupo Bolo de Cenoura podem ser vistas nas Figuras 6.3 e 6.4.

1, Simetria é uma relação entre tudo aquilo que pode ser dividido em partes (sendo duas ou mais) exatamente iguais, ou seja, se trata de duas situações onde um corresponde a outro.

Figura 6.3: Resposta para a pergunta 1 do grupo Bolo de Cenoura na primeira aplicação do questionário.

3, Pode-se identificar a presença de simetria, por exemplo, em quadras de esportes, que é dividida em duas partes com as mesmas características (para ser considerado justo entre os times, ou seja, sem dar facilidade para um dos competidores) e na linha de futebol, que apresenta também simetria a partir do eixo de simetria presente na esfera. Também é encontrado simetria em artes plásticas, onde se pode pintar um quadro (ou em uma folha de papel) quando dobrado na metade e o outro lado passa a ter a mesma figura, podendo-se "ver" um eixo de simetria.

Figura 6.4: Resposta para a pergunta 3 do grupo Bolo de Cenoura na primeira aplicação do questionário.

De fato a percepção a respeito de simetrias se apresentava apenas de maneira geométrica, mas o fato de terem assistido ao trecho inicial do vídeo Arte&Matemática - Simetria, produzido pelo Ministério da Educação, fez com que os alunos entendessem que as simetrias podiam ser entendidas de maneiras e em contextos diferentes.

Realizando atividades com sólidos os alunos puderam aplicar transformações de simetria que despertaram novas percepções, como pode ser percebido pelas imagens de operações de simetria realizadas pelo grupo Kamp, indicado na Figura 6.5:



Figura 6.5: Operações de simetria em sólidos, realizadas pelo grupo Kamp.

Como fica visível nas imagens 6.5, a partir dos sólidos originais os alunos criaram marcações que, sob diferentes perspectivas, criavam simetrias de translação em alguns casos e rotação em outros.

Na etapa seguinte após a apresentação do segundo trecho do vídeo sobre simetrias, do nono até o décimo quarto minuto, os alunos tiveram de forma expositiva aulas sobre Trabalho Mecânico, Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e Conservação da Energia. Durante as aulas expositivas uma das preocupações era de não deixar que o ritmo de trabalho diminuísse, o que felizmente não aconteceu.

O ponto alto da aplicação sem dúvida foi a atividade em que os alunos demonstraram a independência temporal da energia mecânica. Esse foi o momento em que percebemos que o objetivo havia sido alcançado, quando os alunos de forma clara puderam relacionar a ideia de simetria à invariância de alguma grandeza Física.

De maneira geral, acreditamos que a UEPS tenha cumprido os seus objetivos, na medida em que os alunos passaram a ter de acordo com a percepção que tivemos durante as aulas e das respostas aos questionários. A UEPS pode ser utilizada na forma como está ou ser modificada de acordo com a realidade em que for aplicada.

6.3 Registro de atividades

As conclusões e reflexões expostas neste capítulo foram embasadas em resultados dos questionários, avaliações e atividades práticas pelos grupos em que o produto foi aplicado. Abaixo, colocamos uma amostra das repostas de dois dos referidos grupos, Bolo de Cenoura e Newtinhos.

Grupo Bolo de Cenoura

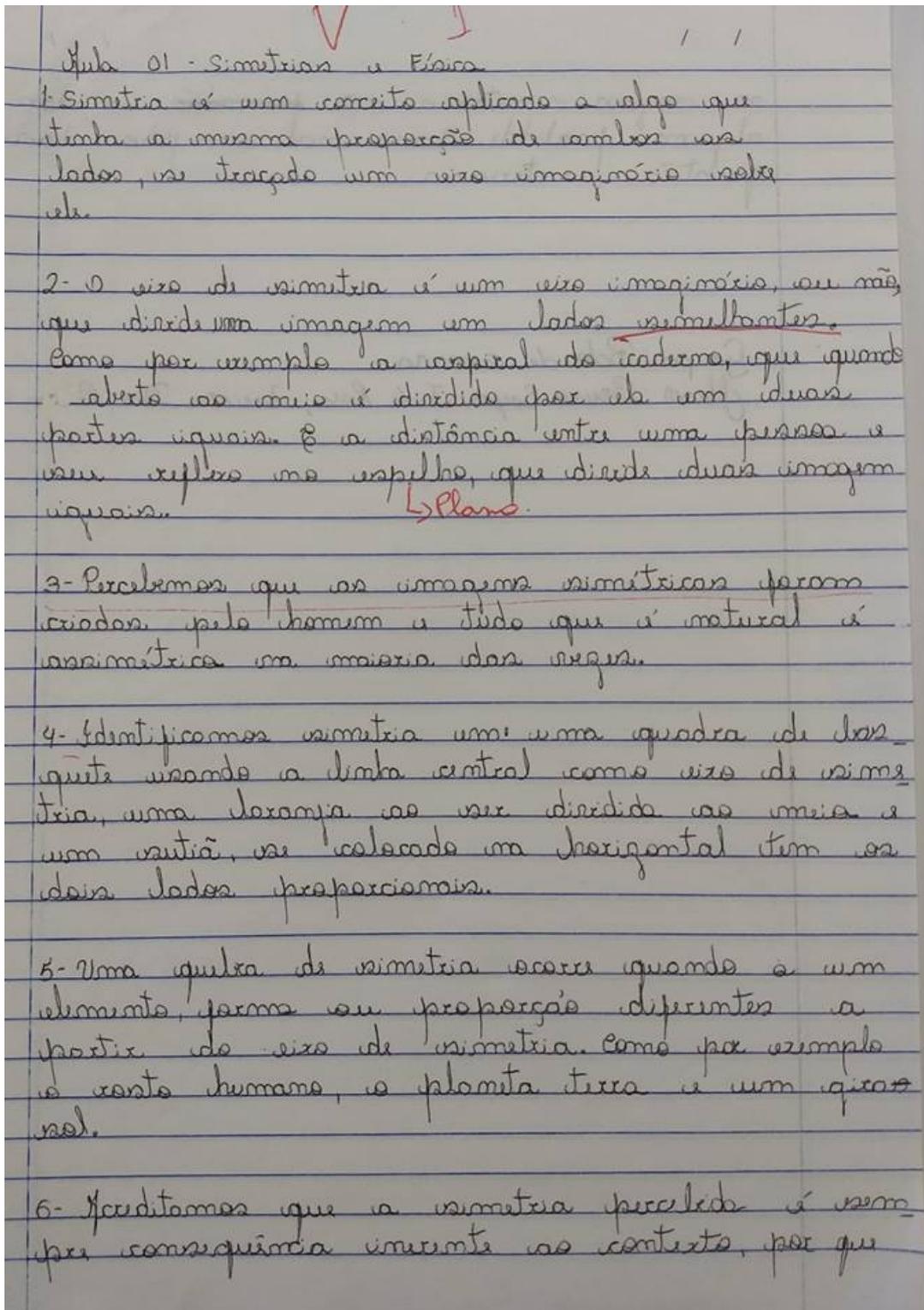


Figura 6.6: Questionário para levantamento de concepções prévias.

- 1- É possível transformações (movimentos) praticadas com o cubo podem estar a procura de simetria, exemplo: olhar para uma face do cubo, caso movimentado em direção à outra face (o cubo ou o observador) é montada a mesma imagem, o mesmo acontece com a esfera ao ser movimentado em qualquer direção.
- 2- Pode-se dizer que é possível a existência de mais de uma simetria, como por exemplo, caso as formas, cubo e esfera, cortadas ao meio perfeitamente.
- 3- É possível quebra de simetria pode ser realizada a partir da marcação dos lados de um cubo, por exemplo, usando esta feita com minúsculas ou símbolos das unidades, assim como no dado.
- 4- É possível quebra de simetria, sendo a única simetria ainda existente, a de estrutura do sólido.

Figura 6.7: Atividade prática sobre simetrias e quebra de simetrias.

①
 A partir de $E = \frac{m \cdot v^2(t)}{2} + m \cdot g \cdot h(t)$

②
 É preciso substituir:
 $v(t) = v_0 - g t$
 $h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2}$

③ $E_M = \frac{m v_0^2}{2} + m \cdot g \cdot h$

$$E = m \cdot \frac{(v_0 - g t)^2}{2} + m \cdot g \cdot (h_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2})$$

$$E = m \cdot \frac{(v_0^2 - 2 g t + g^2 t^2)}{2} + m \cdot g \cdot h_0 + m \cdot g \cdot v_0 t - \frac{m g^2 t^2}{2}$$

$$E = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{2 m g t}{2} + \frac{m g^2 t^2}{2} + m g h_0 + \frac{m g \cdot v_0 t^2}{1 \cdot 2} - \frac{m g^2 t^2}{2}$$

$$E = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + m \cdot g \cdot h_0$$

Figura 6.8: Demonstração da invariância temporal da energia mecânica.

Nome: Larissa Lopes de Almeida Dias

Nome: Jade Julia Rosa

Nome: Bruna Alexandra Serpa

Nome: Paloma Vitelli

Exercícios Físicos

1) $E_{pg} = E_c$

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_c = m \cdot \frac{V^2}{2}$$

$$m \cdot \frac{V^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{V^2}{2} = 50 \quad V^2 = 100 \quad V = 10 \text{ m/s}$$

Objeto em queda com uma velocidade de 10 m/s

2) $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$

$$E_c = m \cdot \frac{V^2}{2}$$

$$m \cdot \frac{V^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{10^2}{2} = 10 \cdot h$$

$$50 = 10 \cdot h$$

$$h = 50 \quad h = 5 \text{ m}$$

10

atingirá uma altura
5 m.

Figura 6.9: Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 1.

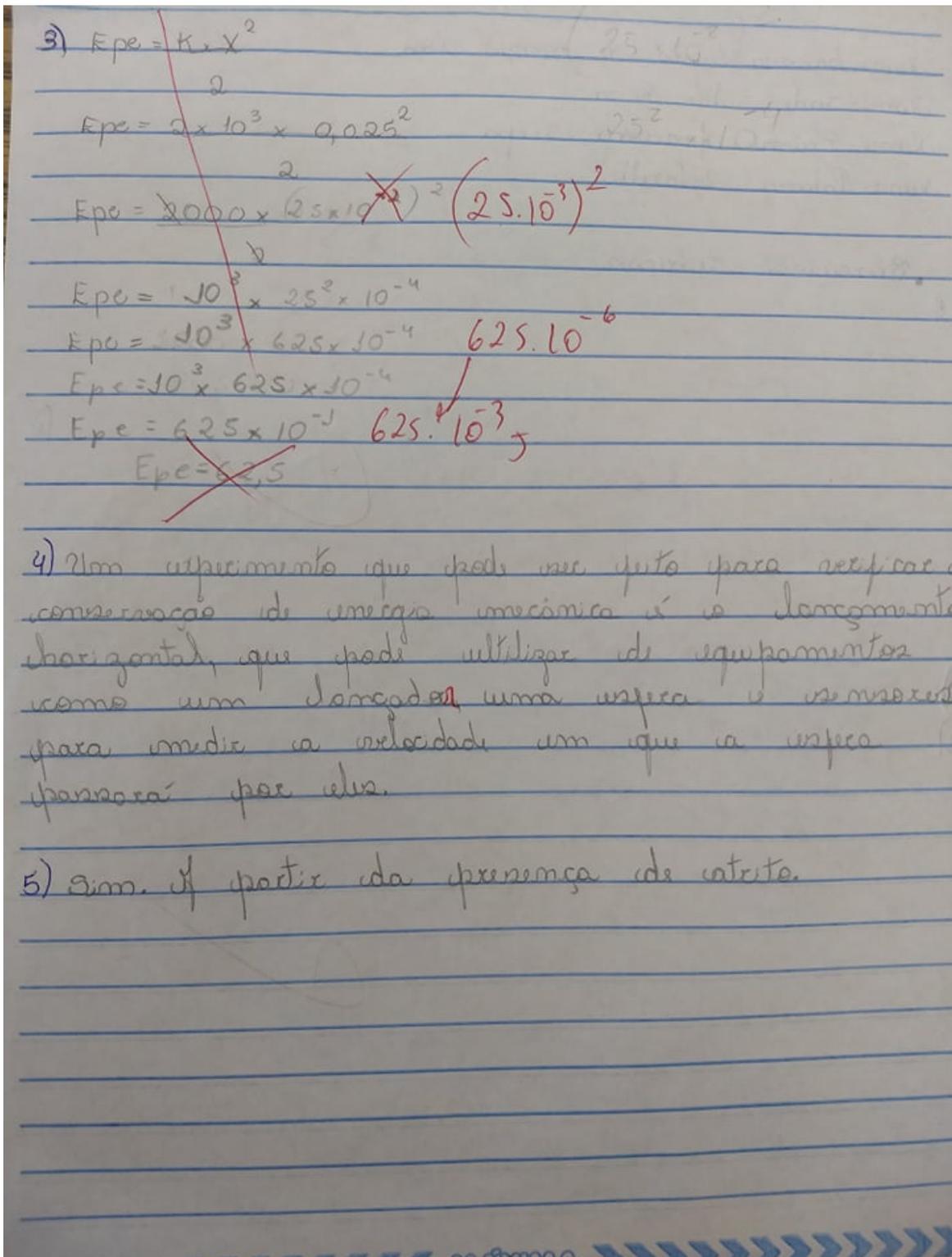


Figura 6.10: Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 2.

16.10.17

Grupo: Data de entrega
Nomes: João J. Rosa
Bruno Sampaio
Larissa Lopes
Poliana Vitarelli

1, Simetria é uma relação entre tudo aquilo que pode ser dividido em partes (sendo duas ou mais) exatamente iguais, ou seja, se trata de duas situações onde um corresponde a outro.

2, O que se pode perceber a respeito de simetria além do eixo de simetria é a igualdade que é proporcionado por ele, tornando a imagem parecida. Também é possível perceber além do eixo de simetria em centros que mesmo não sendo os mesmos (ou seja, não tendo os mesmos números) tem resultados idênticos, ou seja, proporcionando uma simetria.

3, Pode-se identificar a presença de simetria, por exemplo, em quadras de esportes, que é dividida em duas partes com as mesmas características (para ser considerado justo entre os times, ou seja, sem dar facilidade para um dos competidores) e no lado de futebol, que apresenta também simetria a partir o eixo de simetria presente na esfera.

Também é encontrado simetria em artes plásticas, onde se pode pintar um quadro (ou em uma folha de papel) quando dobrado na metade o outro lado passa a ter a mesma figura, podendo-se "ver" um eixo de simetria

Figura 6.11: Questionário final sobre simetrias - parte 1.

4, Simetria é uma situação onde mesmo mudando a perspectiva, ainda se "vê" a mesma coisa, portanto, uma quebra/realização da Simetria seria qualquer situação que, de alguma forma, faça com que uma mudança de perspectiva gere "imagens" diferentes. Como por exemplo em um rosto, onde mesmo sendo bastante semelhantes contém ~~um~~ o quebra de simetria.

No físico um exemplo do quebra de simetria é a força de atrito, que faz com que o objeto mude de realidade.

5, No fluidez do tempo, ao mesmo tempo que a passagem do tempo é simétrica, o fato de que ele só flui para frente é assimétrico.

6, Analisando situações, interações e coisas onde há simetria pode-se notar que sua existência é prévio as existências de suas simetrias, já que primeiro se observou a existência dessas situações, interações e coisas depois que luziram as simetrias, ~~que~~ pode-se dizer então que a simetria acontece ~~depois~~ como uma consequência.

Figura 6.12: Questionário final sobre simetrias - parte 2.

Grupo Newtinhos

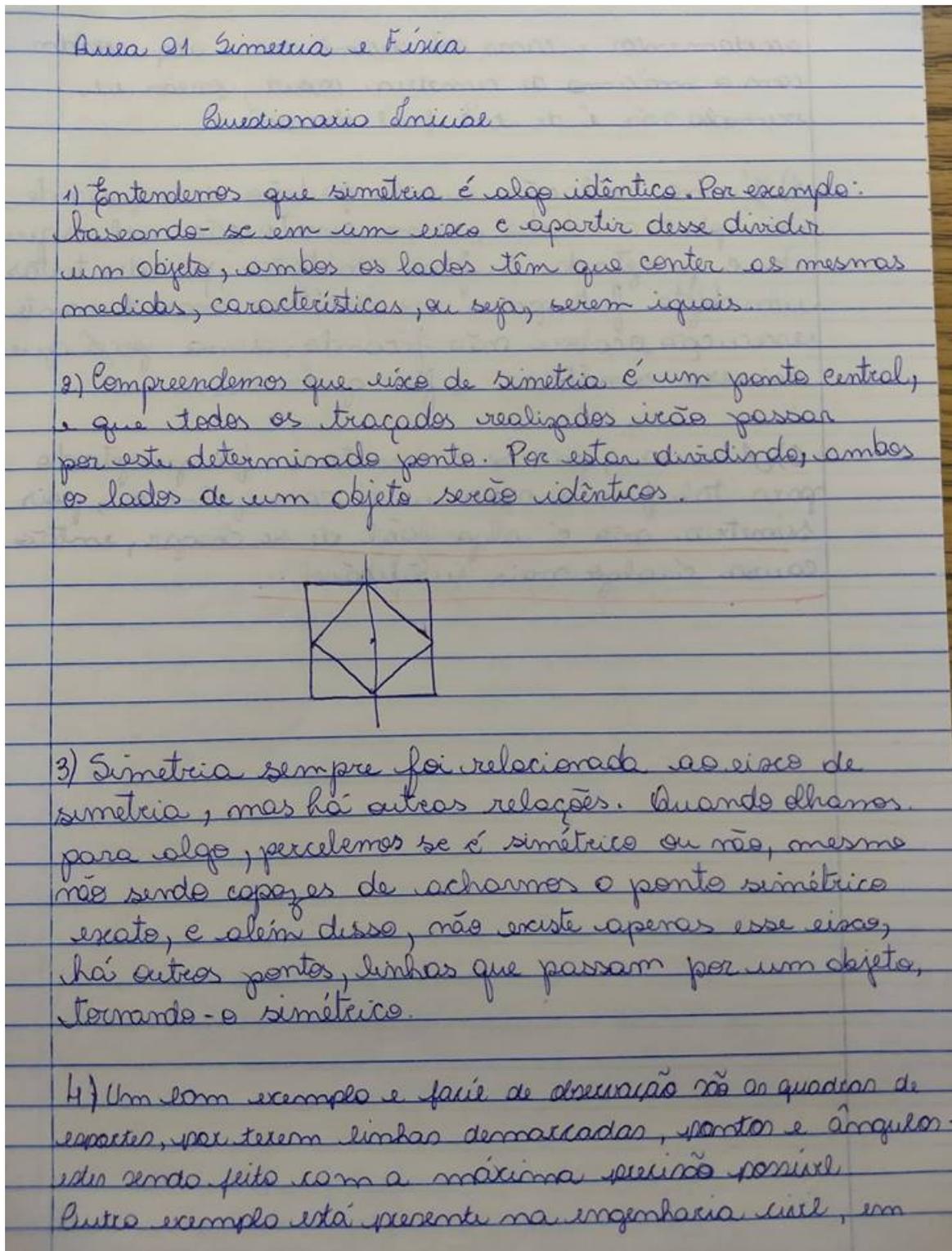


Figura 6.13: Questionário para levantamento de concepções prévias - parte 1.

apartamentos e casas são desenhados e arquitetados com o máximo de simetria possível, porém este exemplo não é de tão fácil observação.

5) É uma violação a certo padrão de igualdade, exemplo: medidas, uma construção mal arquitetada e projetada à fins simétricos, paredes tortas, um objeto feito para ser simétrico mas durante a execução acabou não ficando, uma peça que era simétrica e foi quebrada.

6) A causa, pois se é simétrico, foi projetado para tal fim e não uma consequência, pois simetria não é algo fácil de se chegar, então causa é algo mais justificável.

Figura 6.14: Questionário para levantamento de concepções prévias - parte 2.

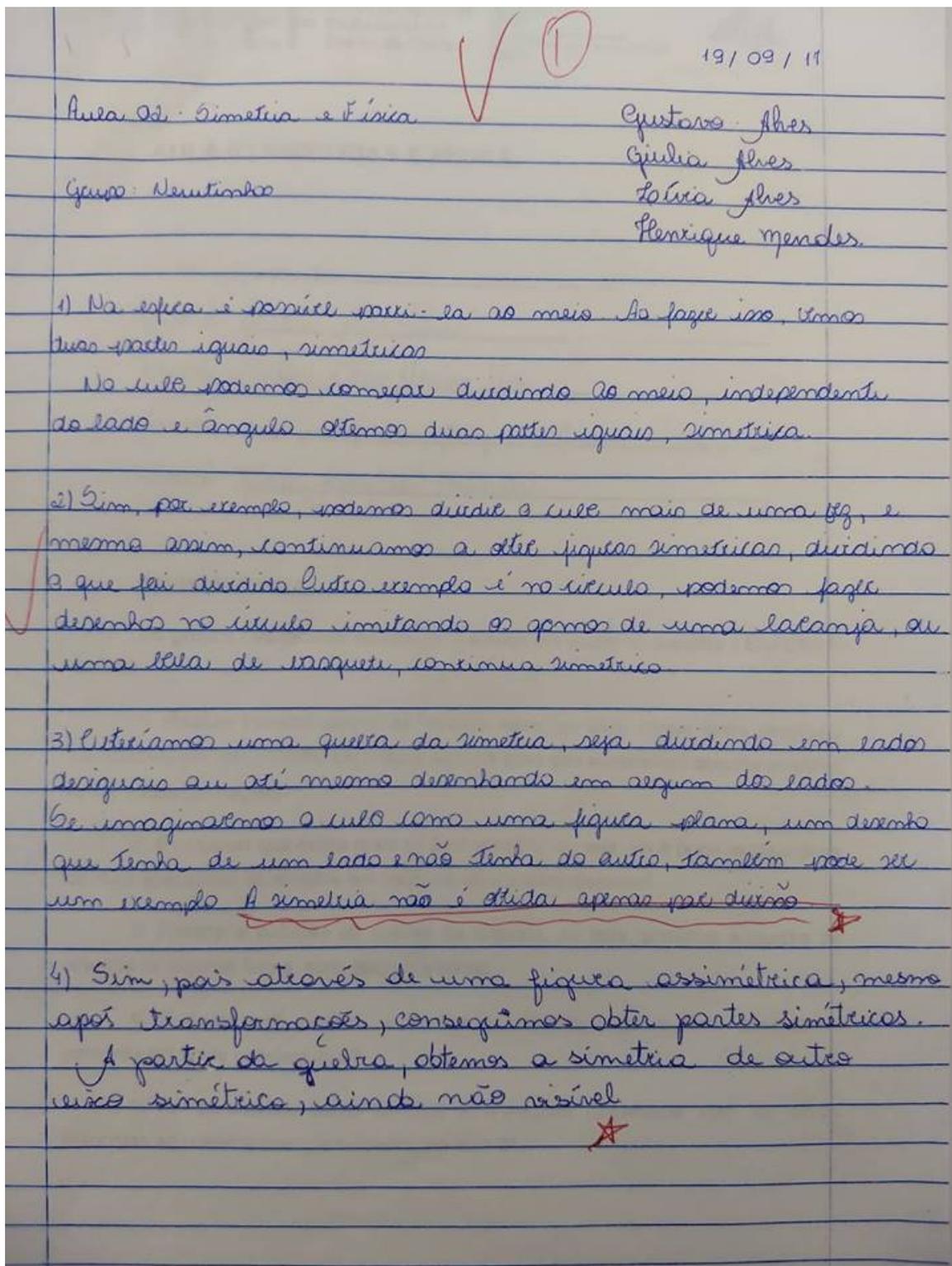


Figura 6.15: Atividade prática sobre simetrias e quebra de simetrias.

A partir de $E = \frac{m \cdot v^2(t)}{2} + m \cdot g \cdot h(t)$ substitua:

$$v(t) = v_0 - gt$$

$$h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad \text{e mostre que } EM = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + m \cdot g \cdot h$$

$$E = \frac{m v(t)^2}{2} + m \cdot g \cdot h(t)$$

$$E = \frac{m \cdot (v_0 - gt)^2}{2} + m \cdot g \cdot \left(h_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} \right)$$

$$E = m \left(v_0^2 - 2 \cdot gt \cdot v_0 + g^2 t^2 \right) + mg \cdot h_0 + mg v_0 t - \frac{mg^2 t^2}{2}$$

$$E = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{2 m g t v_0}{2} + \frac{m g^2 t^2}{2} + mg \cdot h_0 + \frac{mg v_0 t}{2} - \frac{mg^2 t^2}{2}$$

$$E = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + m g \cdot h$$

(Continua no verso)

Figura 6.16: Demonstração da invariância temporal da energia mecânica.

$$1) E_{pg} = E_c$$

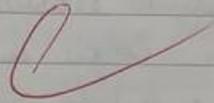
$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$10 \cdot 5 = \frac{v^2}{2}$$

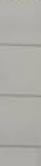
$$100 = v^2$$

$$v = \sqrt{100}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$



$$2) \text{ (a) } v = 0 \text{ m/s}$$



$$\text{ (b) } v_0 = 10 \text{ m/s}$$

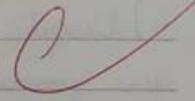
$$E_{c1} = E_{pg2}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{10^2}{2} = 10 \cdot h$$

$$50 = 10 \cdot h$$

$$h = 5 \text{ m}$$



$$3) K = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N/m} \quad x = 2,5 \text{ cm} \rightarrow 0,025 \text{ m}$$

$$m = 5,0 \text{ kg}$$

$$E_{pe} = E_{pg}$$

$$\frac{Kx^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{2,0 \cdot 10^3 \cdot (0,025)^2}{2} = 5,0 \cdot 10 \cdot h$$

~~$$\frac{2000 \cdot 0,0625}{2} = 50 \text{ h} \Rightarrow \frac{125}{2} = 50 \text{ h} \Rightarrow h = 1,25 \text{ m}$$~~

$$h = 1,25 \text{ cm}$$

Figura 6.17: Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 1.

4) Usando uma mola, lançamos uma esfera de metal que será lançada verticalmente para cima, por um lançadora mecânica. Com a ajuda de sensores verificamos a velocidade com que ela chega a sua altura máxima, na altura máxima a energia mecânica é igual a energia potencial gravitacional, temos a massa e a velocidade da esfera, conseguimos calcular a energia cinética, medindo a deformação da mola conseguimos achar a constante elástica. Em 3 pontos diferenciamos a energia que está presente, no ponto mais baixo a energia mecânica é igual a energia potencial elástica e no mais alto a energia mecânica é igual a E_{pg} , então E_p no ponto mais baixo é igual a E_{pg} no ponto mais alto, conservação da energia mecânica.

5) Sim, pois há uma "quebra" na conservação da energia mecânica, a mesma quando conservada é um exemplo de simetria, pois é igual no começo e no final, mesmo com transformações, sem contar dissipação de energia e a dissipação de energia pode ser observada com a presença de atrito que transforma a energia que contém em um corpo quando entra em contato com uma superfície, desde que o mesmo corpo esteja em movimento.

Figura 6.18: Avaliação somativa com questões tradicionais - parte 2.

Atividade de Simetria e Física

1) Simetria é algo que pode não só se dividir em 2 partes iguais mas que pode obter um certo padrão de igualdade, como por exemplo em espelhos.

Se colocarmos uma letra A a frente de um espelho, obtemos a simetria, ou seja a letra A, no espelho, apresenta igual

Simetria está presente em muitos lugares, seja por mudanças involuntadas em um eixo ou naturalmente, como a balança de braços de um eixo equitético.

2) Em geometria, o eixo de simetria é uma linha que divide uma figura em duas partes simétricas, mas não percebemos simetria só com a ajuda de um eixo, por exemplo, se realizarmos uma mudança espacial de posição em um objeto veremos a mesma imagem de qualquer ângulo se o mesmo for simétrico, ou simetria de espelho que temos a mesma imagem de um objeto quando colocamos o mesmo na frente de um espelho, entre outros tipos de simetria.

3) Podemos observar em quadros de espelhos como a de basquet, futebol etc, em que um lado da quadra é idêntico ao outro. Em arte podemos observar por exemplo mosaicos de quadros simétricos. Na engenharia existem projetos arquitetados para serem simétricos.

4) É quando você acha de ter algo idêntico, seja espontâneo ou intencional. Trata-se da ocorrência de distinção em relação a algo como foi citado de exemplo na questão 1, ao

Figura 6.19: Questionário final sobre simetrias - parte 1.

colocarmos por exemplo a letra Z a frente de um espelho, a letra não é considerada do no outro lado, ela fica diferente. Possui uma quebra de simetria.

5) Sabemos que na física a simetria pode ser tratada como uma situação de invariância ou não devido a uma transformação não um algo.

Quando falamos que o corpo A exerce uma força em B e que B exerce uma força igual em A, isso é situação da simetria. Se falamos de ação e reação e conservação de energia percebemos fatos simétricos.

Quando não ocorre um par de ação e reação e quando não há conservação de energia por exemplo, percebemos quebra da simetria.

6) Chegamos a conclusão que a simetria é uma causa, pois a mesma que um padrão de igualdade, temos o exemplo da conservação de energia com o passar do tempo, esta conservação de energia é uma causa inerente a simetria do tempo em relação a energia.

Figura 6.20: Questionário final sobre simetrias - parte 2.

Capítulo 7

Conclusão

Neste trabalho tivemos como objetivo central elaborar um produto educacional visando apresentar para alunos da primeira série do Ensino Médio uma possível abordagem para o conceito de simetria e sua repercussão na Física.

Criamos, de forma aplicável à realidade do contexto de turmas de primeiro ano do Ensino Médio, uma proposta de trabalho eficiente. Tendo como instrumento educacional uma UEPS justificada pela necessidade de se abordar os conteúdos programáticos ligados às simetrias e leis de conservação de uma maneira motivadora e integrando esses conteúdos estudados em sala de aula à elementos da vida cotidiana dos alunos, como Artes Plásticas, Música, Arquitetura e elementos de Física Contemporânea.

O referencial teórico norteador do trabalho foi a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira. Em seu trabalho Ausubel estabelece como princípio fundamental para o aprendizado o conhecimento que o aluno já tem, correto ou não, sobre o tema que será discutido. Já Moreira propões que o tema deva ser apresentado em formato de uma UEPS.

A elaboração da UEPS levou em conta os elementos descritos por Moreira e aplicados ao estudo de simetrias e da conservação da energia. Consumiu um total de 12 aulas de nosso período letivo, período de aplicação que se mostrou adequado, posto que os elementos do currículo formal (Trabalho Mecânico, Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e Conservação da Energia Mecânica) foram contemplados. Ou seja, o uso da UEPS sobre simetria não representou prejuízo temporal de maneira alguma em nosso trabalho o estudo sobre simetria, mesclando-se ao currículo tradicional sem prejuízos ao calendário acadêmico e ao plano de curso.

O material necessário para a aplicação também é um ponto positivo do trabalho, posto que, além de algumas esferas e cubos de isopor, tivemos a necessidade apenas

de um computador com acesso à internet para acessar o site onde está o vídeo sobre simetrias. Além disso utilizou-se um equipamento de apresentação audiovisual, que em nosso caso foi um datashow, mas que poderia muito bem ter sido um televisor ou até mesmo um computador.

Sobre a repercussão do trabalho com os alunos podemos dizer que o resultado final foi satisfatório, posto que, ao longo das etapas, as respostas dos alunos aos questionamentos apontaram para uma real retenção dos conhecimentos. Na verdade, de acordo com o referencial teórico adotado, tivemos evidências da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. A proposta de trabalho a princípio gerou apreensão por parte dos alunos devido ao modelo de ensino atual ser, de várias maneiras, inflexível em vários aspectos. Todavia, no decorrer da aulas o modelo em que grupos de trabalho poderiam interagir e as conclusões eram fruto do trabalho coletivo foi bem aceito.

Fica evidente ao analisarmos os trabalhos realizados pelos grupos, os seguintes resultados, que comungam com os objetivos preestabelecidos:

1. A ideia de simetria realmente deixou de estar associada a aspectos puramente espaciais/ geométricos e passou a ter um significado muito mais amplo.
2. A abrangência das simetrias se traduz em resultados perceptíveis pelos alunos em várias áreas como Artes Plásticas, Música, Arquitetura e Física.
3. Após a comprovação, via resultados matemáticos, de que as simetrias podem ser traduzidas em observáveis físicos, os alunos passam a procurar em outras situações as possíveis simetrias existentes.

Uma repercussão, que não está diretamente ligada ao trabalho sobre simetrias, é que os alunos com o passar dos encontros se tornam melhores em elaborar resultados trabalhando em grupos.

O professor que se dispor a aplicar em sua turma o produto que é resultado desta dissertação pode encontrar nas referências bibliográficas, no relato de aplicação e no capítulo sobre a física das simetrias uma base auto consistente que lhe permita apropriar-se da UEPS e, se necessário for, alterá-la para o seu próprio contexto.

Capítulo 8

Simetrias e Leis de Conservação: Uma proposta para o Ensino Médio

O produto deste mestrado é uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) para o ensino de Simetrias e Conservação da energia mecânica.

Na construção de nossa UEPS consideramos 4 pontos que julgamos importantes. Buscamos enquadrar o tema simetria em um conteúdo tradicionalmente abordado no Ensino Médio, no caso, 1- trabalho de uma força, energia mecânica e a sua conservação; 2- buscamos construir uma discussão epistemológica sobre o papel que as simetrias podem desempenhar na física, seu papel frente às medidas experimentais, principalmente; 3- qual o papel de uma medida experimental e como ela está inserida no contexto de discussão sobre as simetrias; 4- como o conceito de simetria se estende para outras áreas do conhecimento. Acreditamos que, com os 4 pontos levantados, seja possível inserir uma discussão contemporânea do que se deve desenvolver dentro de uma proposta de ensino mais atualizada.

Esses pontos epistemológicos a que nos referimos vêm do fato de:

i- Os alunos trazem como concepções prévias a ideia de que a simetria é uma manifestação puramente espacial, o que é insuficiente para a Física;

ii- há uma discussão epistemológica de grande relevância na Física moderna de que as simetrias conduzem ou não uma realidade, a um fato experimental. Sobre essa discussão era importante apenas levantar o debate, porém não era necessário se posicionar dentro de uma corrente epistemológica.

iii- evidenciar que um princípio, tal como o de simetria, pudesse ter ou não uma consequência experimental;

iv- discutir uma Física Clássica à luz da abordagem de uma visão epistemológica

de uma Física Contemporânea.

Justificativa Há algum tempo o ensino de Física no Brasil vem se tornando, de certa forma, ineficiente. Os alunos apresentam cada vez menores índices de aprendizado de acordo com pesquisas educacionais e isto se mostra como um reflexo da falta de interesse por parte dos estudantes e das dificuldades metodológicas e de abordagem dos assuntos por parte dos professores. Novas metodologias e novos temas que se integram mais efetivamente na vida dos estudantes podem ajudar a mudar o panorama desta situação.

À luz dessa perspectiva propomos a aplicação do estudo das Simetrias em diversos campos da Física por meio de uma UEPS como forma de contextualizar os desafios da Física com a vida dos alunos. A simples ideia de Simetria já abre um leque de possíveis debates que podem motivar o aluno e se envolver mais fortemente com o estudo de Física. A abordagem epistemológica voltada para a aprendizagem significativa definida por Ausubel nos parece uma alternativa para combater principalmente a falta de interesse em estudar Física por parte dos alunos.

Objetivo geral: Propor uma abordagem alternativa para o ensino de leis de conservação em Física discutindo o conceito de Simetria e como simetrias podem ser usadas como justificativa para a fenomenologia em Física, usando como situação-chave a invariância temporal na conservação da energia mecânica.

Objetivos específicos: a) Apresentar uma proposta de trabalho em sala de aula diferente do que os alunos estão habituados e saturados.

b) Discutir as grandezas físicas "Trabalho" e "Energia Mecânica", Leis de Conservação.

c) Levar os alunos a ser capazes de identificar simetrias e que, a partir delas, podemos obter resultados observáveis.

d) Levar para as aulas de Física o tema "Simetrias", buscando uma abordagem mais contemporânea.

Estrutura do produto Nossa UEPS foi elaborada de tal forma a apresentar os seguintes elementos em sua estrutura:

1- Apresentação da proposta de trabalho aos alunos informando que estaremos estudando um dos temas do currículo da série sob uma abordagem diferenciada. Nesse momento a turma deve ser dividida em grupos de até quatro alunos. Após isso, será feita a aplicação de questionário preliminar sobre simetrias, conforme a Figura 8.1. O objetivo deste questionário é identificar o que os alunos entendem por

AULA 01 SIMETRIAS E FÍSICA

Questionário Inicial

DABATER SOBRE CADA QUESTÃO E ELABORAR RESPOSTAS COLETIVAS PARA CADA UMA DELAS .

1 - O que é para você SIMETRIA?

2 – O que é um eixo de SIMETRIA? Cite Exemplos.

3 – Para vocês existe algo que se possa perceber a respeito de SIMETRIAS além da ideia de eixo de simetria?

4 – Cite alguma situação em que você pode identificar SIMETRIAS em áreas como esportes, artes plásticas e outras que vocês entendam que devam ser citadas .

5 – O que é uma quebra/violação de SIMETRIA? Cite exemplos.

6 – Em situações que apresentem algum tipo de SIMETRIA é possível dizer se a SIMETRIA percebida é a consequência_inerente ao contexto ou pode ser a causa para o contexto ?

Figura 8.1: Questionário preliminar aplicado para os alunos.

simetria, se os alunos conseguem perceber diferentes tipos de simetrias existentes, se os alunos associam de alguma maneira a ideia de simetria à ocorrência de algum fenômeno físico ou não, se os alunos relacionam a ideia de simetria com algum conceito físico.

Após a realização do questionário inicial, os alunos organizados em um grande grupo devem debater algumas das questões com a mediação do professor. As respostas analisadas e as concepções prévias identificadas devem ser usadas como base para a estruturação das aulas seguintes (2 aulas). Vale ressaltar que o questionário

para verificação de concepções prévias também pode ser considerado um organizador prévio na medida que remete aos alunos a possibilidade de relacionar simetrias a outras interações que não só as geométricas .

2- A partir das repostas ao questionário o professor deve propor que os grupos debatam as questões e, nesse momento, cabe ao professor mediar o debate fazendo a inserção se necessário de alguns organizadores prévios. Nesse momento estaremos também revisando os tópicos abordados no questionário. Em seguida deve ser apresentado aos alunos os nove primeiros minutos do vídeo Arte & Matemática - Simetria produzido pelo ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4> , onde são apresentados vários tipos de simetria e os alunos podem começar a relacionar a ideia de Simetria não só às questões geométricas. Esperamos com isso que os alunos possam perceber que o conceito de simetria pode ser interpretado por diferentes perspectivas (1 aula).

3- Passamos agora para uma atividade prática. Os grupos irão receber sólidos geométricos em isopor ou papelão (esfera e cubo) para que digam quais possíveis transformações (movimentos) são aplicáveis para que se evidenciem alguma simetria e quais poderiam ser as opções para que essas simetrias sejam violadas. Acompanham os sólidos um roteiro para a atividade prática, conforme a Figura 8.2. Se houver tempo as conclusões sobre os sólidos serão lidas para o grande grupo e discutidas. A expectativa é que os grupos cheguem à conclusão que existem tipos diferentes de simetrias e que nem todos os tipos podem ser aplicados em todos os casos (2 aulas).

4- O professor irá apresentar através de aulas expositivas os conceitos de trabalho mecânico, energia cinética, energia potencial gravitacional, além de revisar as funções horárias para posição e velocidade em movimentos acelerados. Dessa forma, o currículo formal se insere no contexto do trabalho. Após a apresentação dos conceitos será apresentado mais um trecho do vídeo Arte & Matemática - Simetria onde o conceito de invariância temporal da energia é exposto (2 aulas).

5- O professor irá apresentar para os alunos a expressão para o trabalho da força peso de um corpo e, a partir das equações de energia cinética, energia potencial gravitacional e das funções horárias para a velocidade e posição de um corpo se movendo verticalmente. Os alunos serão orientados a demonstrar a independência temporal da energia mecânica. A seguinte questão foi proposta para os alunos:

Questão proposta

Sabendo que para uma partícula sob ação de um campo gravitacional as funções

ATIVIDADE PRÁTICA SIMETRIAS E FÍSICA

Grupo _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

OS GRUPOS IRÃO RECEBER UM CUBO E UMA ESFERA .

1 – Realize transformações de simetria nos sólidos, ou seja, digam quais as possíveis transformações (MOVIMENTOS) são aplicáveis para que evidenciem alguma simetria. Anote essas operações .

2 – É possível que exista mais de uma simetria, ou seja, você pode realizar duas ou mais operações de simetria em cada um dos sólidos recebidos ?

3 – Realiza a violação ou quebra da simetria, ou seja, promova a quebra de simetria de alguma forma, sem destruir o sólido.

4 – Quando você realizou a quebra de simetria, alguma outra simetria foi preservada? Seria possível isso?

Figura 8.2: Atividade prática: operações de simetrias em cubos e esferas.

horárias de posição e velocidade são dadas por

$$v(t) = v_0 - gt \text{ e que } h(t) = h_0 + v_0t - \frac{gt^2}{2},$$

mostre que a energia mecânica total da partícula

$$E = \frac{m}{2}v^2(t) + mgh(t)$$

não depende do tempo.

Após o término da atividade os alunos deverão elaborar um parágrafo sobre o resultado encontrado (2 aulas).

6- Neste momento os alunos fazem uma avaliação somativa envolvendo questões tradicionais sobre cálculos de trabalho, energia e aplicação da conservação da energia mecânica. Segue abaixo a lista de questões propostas aos estudantes.

Q1) Um objeto é abandonado a $5m$ de altura. Utilizando-se do princípio da Conservação da Energia Mecânica, calcule a velocidade de chegada ao solo.

Q2) Um corpo é lançado verticalmente para cima com velocidade inicial de $10m/s$. Desconsiderando forças dissipativas, qual a altura máxima atingida?

Q3) Um bloco de massa de $m = 5kg$ é preso a uma mola de constante elástica $k = 2 \times 10^3 N/m^2$, como na Figura 8.3. A mola é comprimida de uma distância de



Figura 8.3: Figura ilustrativa para a questão somativa 3.

$x = 2,5cm$ do seu comprimento natural. Sabendo que o bloco desloca-se sem atrito, determine a altura atingida por ele ao liberarmos a mola.

Q4) A não Conservação da Energia Mecânica pode ser uma quebra de simetria? Como ela pode ser realizada?

7- Os alunos novamente respondem às perguntas do questionário inicial e o professor apresenta alguns resultados de Física contemporânea envolvendo Simetrias para reforçar a relação de Física e argumentos de Simetria para o encerramento da UEPS.

A avaliação da UEPS será feita à medida que os alunos realizarem as atividades de cada etapa e o professor irá monitorar, durante os sucessivos momentos da aplicação, a forma como os alunos respondem e apresentam evidências de Aprendizagem Significativa. Algumas dessas evidências talvez se configurem na forma de diferentes respostas às questões do questionário aplicado no início e no final da aplicação. Também podemos buscar evidências de Aprendizagem Significativa nos parágrafos elaborados após a realização da atividade prática e da demonstração

da invariância temporal da energia mecânica. Como atividade de encerramento da UEPS são apresentados aos alunos alguns resultados de Física Contemporânea, nos quais simetrias são o argumento norteador.

Plano de aulas

Elaboramos este plano de aulas com a perspectiva de auxiliar o professor a programar suas atividades sobre simetrias e leis de conservação. Cada um dos encontros é composto por duas aulas de 50 minutos cada uma. A utilização do tempo pode ser alterada de acordo com o contexto de aplicação.

De maneira simplificada apresentamos uma opção de conduta baseada em nossa experiência de aplicação do Produto. Segundo o referencial adotado pela Universidade Federal de Juiz de Fora, citaremos algumas obras que podem ser usadas como norteadoras para os conteúdos TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA. Estas referências são:

- ÁLVARES, Beatriz Alvarenga, LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da, Curso de Física. São Paulo: Ed. Scipione, 1997, vols. 1-3.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF), Física. São Paulo: EDUSP, 1991-93, vols. 1-3.
- PAULI, Ronald Ulisses et al. Física, São Paulo: EPU, 1979-1981, vols. 1-4.

Novamente ressaltamos que estas referências podem ser alteradas de acordo com diferentes realidades e contextos de aplicação.

ENCONTRO 1:

1. Objetivo geral

Iniciar os trabalhos, contextualizando as turmas à respeito da dinâmica dos encontros.

2. Objetivos específicos

Contextualizar o trabalho com a turma.

Definir a divisão da turma em grupos de (preferencialmente) 4 alunos e cada grupo deve escolher um nome para si.

Aplicar um questionário para a pesquisa sobre concepções prévias.

3. Conteúdo programático

Definição dos grupos.

Questionário sobre concepções prévias.

Debater sobre algumas ideias apresentadas como resposta ao questionário inicial.

4. Metodologia

Informe aos alunos que os conteúdos: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA serão trabalhados em um modelo diferente do que eles estão acostumados.

Informe quais serão os integrantes de cada grupo de trabalho ou permita que os grupos sejam formados pelos próprios alunos.

Entregue o questionário inicial de trabalho, orientando para que os alunos respondam baseando-se nas discussões do grupo. Terminada a aula, oriente a turma para que não excedam 15 minutos para terminar e, passados este período, desenvolva um debate sobre algumas das respostas.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões à respeito deste primeiro momento.

ENCONTRO 2:

1. Objetivo geral

A partir da identificação de alguns conhecimentos prévios, deve-se apresentar fundamentos para que tais conhecimentos possam ser usados como subsunçores.

2. Objetivos específicos

Apresentar algumas das ideias à respeito de simetrias vindas dos próprios grupos.
Promover um novo e breve debate sobre simetrias.

Apresentar organizadores prévios para que novas perspectivas à respeito da ideia de simetrias sejam trabalhadas.

3. Conteúdo programático

Ideias iniciais sobre simetrias.

Novas perspectivas para a ideia de simetrias.

4. Metodologia

A turma deve ser organizada em grupos novamente e um breve debate sobre respostas ao questionário inicial deve ser mediado pelo professor.

Após o novo debate, deve ser apresentado o primeiro trecho do vídeo: Arte & Matemática - Simetria produzido pelo Ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>. Este trecho vai do início do vídeo até o instante 9 minutos e 50 segundos.

Após a apresentação do vídeo, novamente um breve debate é proposto para encerrar a aula.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões à respeito desta atividade.

ENCONTRO 3:

1. Objetivo geral

Tornar clara a existência de diferentes tipos de simetrias de maneira prática.

2. Objetivos específicos

Proporcionar o entendimento de que situações diferentes se relacionam com diferentes tipos de simetrias.

Trazar a ideia de simetrias para um nível mais concreto do que o trabalhado até então.

Explicitar a existência e importância das quebras de simetria.

3. Conteúdo programático

Simetrias e quebras de simetrias.

Transformações de simetria em sólidos.

4. Metodologia

A turma deve ser organizada em grupos novamente e será entregue o roteiro de atividade prática sobre simetrias. O professor fará uma breve explicação sobre a dinâmica da atividade, deixando claro que os sólidos não deverão ser danificados e que os resultados deverão ser expressos por um pequeno texto.

Os sólidos serão entregues e a atividade terá início.

Esta etapa deverá contemplar mais do que um período de aula (50 minutos), devendo o professor estar atento ao tempo para que se possa fazer algumas considerações sobre a atividade ao final da mesma.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões à respeito desta atividade.

ENCONTRO 4:

1. Objetivo geral

Trazer os componentes curriculares: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

2. Objetivos específicos

Apresentar a teoria à respeito dos temas TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

Expressar a relação entre os conceitos de Energia Mecânica e Trabalho Mecânico.

3. Conteúdo programático

TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL, CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

4. Metodologia

O professor irá, baseando-se em seu material de referência e outras fontes bibliográficas, discutir com os alunos os elementos do programa expostos acima. É importante que se tente fazer isso de forma a contemplar 2 aulas.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões a respeito desta atividade.

ENCONTRO 5:

1. Objetivo geral

Revisar o que já foi feito até o momento.

2. Objetivos específicos

Tornar claro para a turma que o entendimento sobre simetria está evoluindo.

Introduzir, se necessário, organizadores prévios (conceitos que podem auxiliar na aprendizagem de novos conhecimentos).

Retomar os temas: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

3. Metodologia

Apresentação de exemplos sobre os cálculos das grandezas citadas acima.

Proposição de exercícios para que os alunos resolvam.

4. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões a respeito desta atividade.

ENCONTRO 6:

1. Objetivo geral

Verificação da Conservação da Energia Mecânica via equações.

2. Objetivos específicos

Proporcionar a experiência de se perceber a invariância temporal da Energia Mecânica.

3. Metodologia

Apresentar para os alunos o restante do vídeo Arte & Matemática - Simetria produzido pelo Ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>, onde é discutida a Conservação da Energia Mecânica . O professor Luís Carlos de Menezes exemplifica a Conservação da Energia Mecânica como uma simetria com invariância temporal, o vídeo realmente faz os alunos pensarem na relação das simetrias com a Física como era esperado.

Os grupos deverão realizar, de acordo com as expressões para a energia mecânica de um corpo em movimento vertical e das funções horárias da velocidade e posição desse corpo, o procedimento de reescrever a expressão para a energia mecânica total e relatar em pelo menos um parágrafo a que conclusão haviam chegado.

Após a atividade os alunos são orientados a elaborar um pequeno texto sobre os resultados encontrados.

4. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões a respeito desta atividade.

ENCONTRO 7:

1. Objetivo geral

Com a aplicação de uma avaliação somativa, espera-se construir um registro de atividade dos trabalhos realizados pelos alunos que possa ser interpretado de maneira qualitativa e quantitativa.

2. Objetivos específicos

Desenvolver habilidades referentes à realização de avaliações somativas.

Tentar averiguar de certa forma a familiarização dos alunos com questões formais sobre os temas: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

3. Metodologia

Aplicação de uma prova em modelo tradicional.

4. Avaliação

A avaliação se apresenta como a própria atividade, lembrando que a avaliação dos encontros e da UEPS como um todo deve ser feita através de uma perspectiva mais geral e qualitativa.

ENCONTRO 8:

1. Objetivo geral:

Finalizar a UEPS apresentando algumas informações sobre simetrias relacionadas aos resultados contemporâneos em Física.

2. Objetivos específicos.

Consolidar que princípios de simetria se traduzem em resultados físicos.

Apresentar a área de pesquisa de Física de Partículas Elementares, via o programa das interações fundamentais, como uma das áreas em que as simetrias e suas quebras se mostraram fundamentais para a obtenção de resultados.

3. Metodologia

Tendo o professor conhecimento a respeito de alguma área de pesquisa em que as simetrias se apresentam, pode ser elaborada uma apresentação de resultados onde se possa linear o desenvolvimento da UEPS à referida área. Caso isso não seja possível, sugerimos que o professor assista alguns vídeos sobre o assunto e planeje reprodução de um vídeo que possa ser trabalhado com as turmas. Abaixo apresentamos algumas sugestões de vídeos sobre simetrias e conservação:

- <https://www.youtube.com/watch?v=6wtYuJzLuAo>,
- <https://www.youtube.com/watch?v=y3xf2uEzzEA>,
- https://www.youtube.com/watch?v=_Iu5_w6IAfs,
- <https://www.youtube.com/watch?v=Rqfj7n5aSwY>.

4. Avaliação

Esta etapa será avaliada através do envolvimento dos alunos.

Referências Bibliográficas

- [1] C. R. C. da Fonseca, Conceito de Simetria em Livros Didáticos de Matemática para o Ensino Fundamental, Mestrando em Educação Matemática e Tecnológica pela UFPE. Recife, 2010.
- [2] R. T Berro, Relações entre arte e matemática: um estudo da obra de Maurits Cornelis Escher. Dissertação do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação da Universidade São Francisco. Itatiba, 2008.
- [3] Adeline Laudicéia Pinatti, Simetrias nas obras de Escher: uma possibilidade de ensino por meio da arte, (IC), Unespar 2014.
- [4] B. F. Rizzuti, *Busca de Simetrias Locais em Teorias Lagrangeanas Singulares*, Dissertação de mestrado. Disponível em <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp051253.pdf>. Acesso em: 28/04/2018.
- [5] Thales Costa Soares, Thiago F. S. Soares, *Matrizes, Grupos e Simetria em Física: Uma Introdução* (Gráfica América, Juiz de Fora, 2017).
- [6] F. Caruso. Revista Brasileira de Ensino de Física, **30**, 3309 (2008).
- [7] G. F. Vasconcelos Júnior, R. P. S. Costa e B. F. Rizzuti, Revista Brasileira de Ensino de Física, **40**, e3304 (2018).
- [8] A. N. Rocha, B. F. Rizzuti e D. S. Mota, Revista Brasileira de Ensino de Física, **35**, 1-9 (2013).
- [9] Thales Costa Soares, Humberto Belich Jr. e José Abdalla Helayël-Neto, *Física de Partículas vista pelas Interações Fundamentais e Formação de Professores* (Livraria da Física, São Paulo, 2018).
- [10] A. A. Deriglazov, *Classical Mechanics, Hamiltonian and Lagrangian Formalism* (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010).

- [11] M. A. Moreira, M. C. Caballero e M. L. Rodríguez, Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, pp. 19-44 (1997).
- [12] D. P. Ausubel, J. D. Novak e H. Hanesian, *Psicologia Educacional* (Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).
- [13] M. A. Moreira, E. A. F. S. Masini, *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel* (Moraes, São Paulo, 1982).
- [14] M. A. Moreira, Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, 83-101 (2005).
- [15] J. A. C. Chaves, R. R. Alves, A. E. F. Filho e M. A. H. da Silva, As dificuldades de aprendizagem no ensino de matemática e física dos alunos do segundo ano do ensino médio, Terceiro Congresso Anual de Licenciaturas COINTER, 2016.
- [16] O conceito de simetria em física e sua importância para o ensino de física Aires Vinicius Correia da Silveira UFRGS, Porto Alegre RS 2008.
- [17] Fabiana Andrade da Costa Vieira. Júlio de Mesquita Filho. Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência - Universidade Estadual Paulista - Bauru 2012.

Apêndice A

Produto Educacional

O produto deste mestrado é uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) para o ensino de Simetrias e Conservação da energia mecânica. Esperamos que esse Apêndice possa, da melhor forma possível, excitar a abstração dos estudantes em diferentes contextos. A todo(a)s o(a)s interessado(a)s, bom proveito!



Produto Educacional

Simetrias e Leis de Conservação:

Uma proposta para o Ensino Médio

Wagner Augusto Teixeira da Silva

Orientador: Prof. Dr. Thales Costa Soares

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti

Juiz de Fora

Agosto de 2018

WAGNER AUGUSTO TEIXEIRA DA SILVA

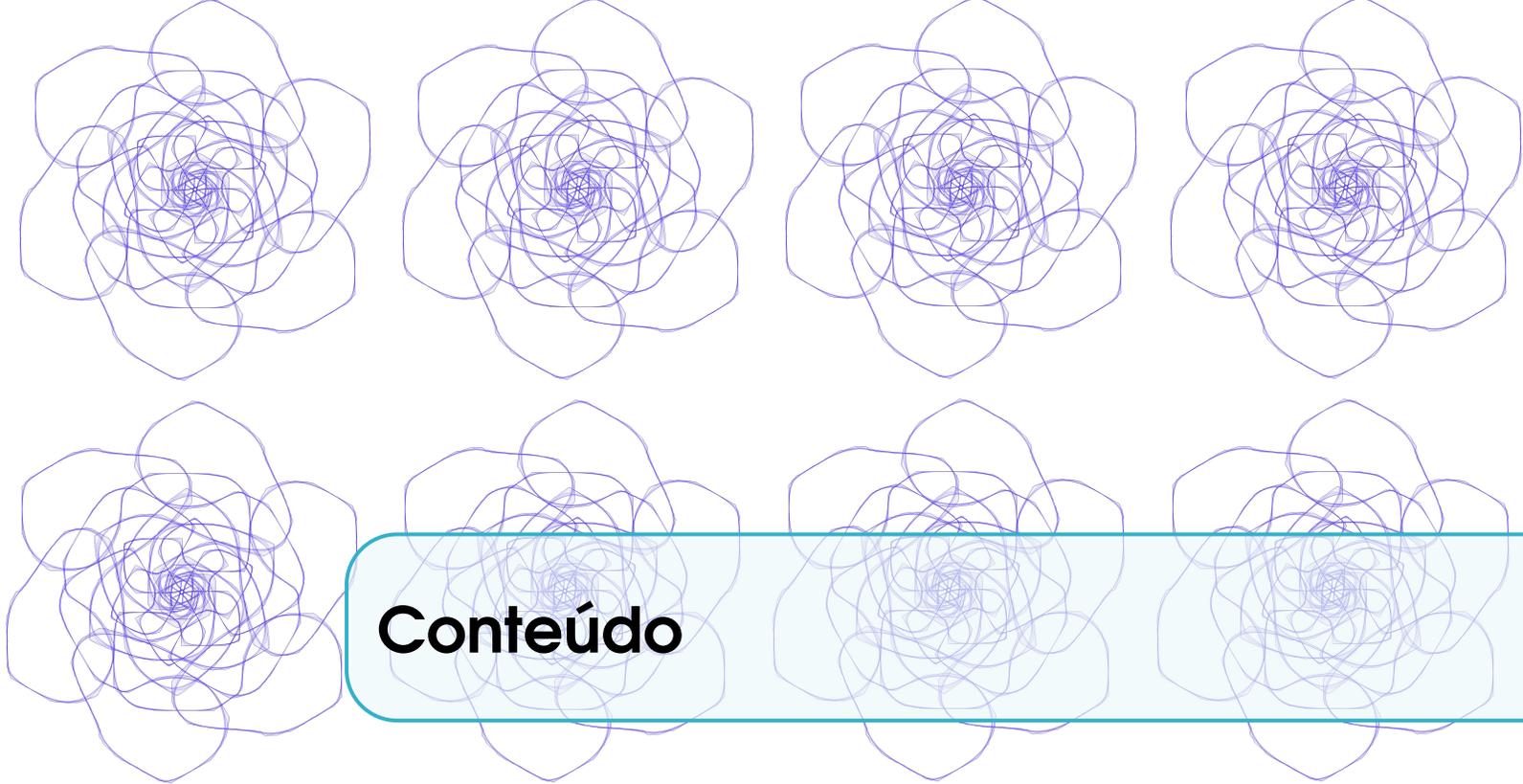
Prof. Dr. Thales Costa Soares - Orientador

Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti - Coorientador

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

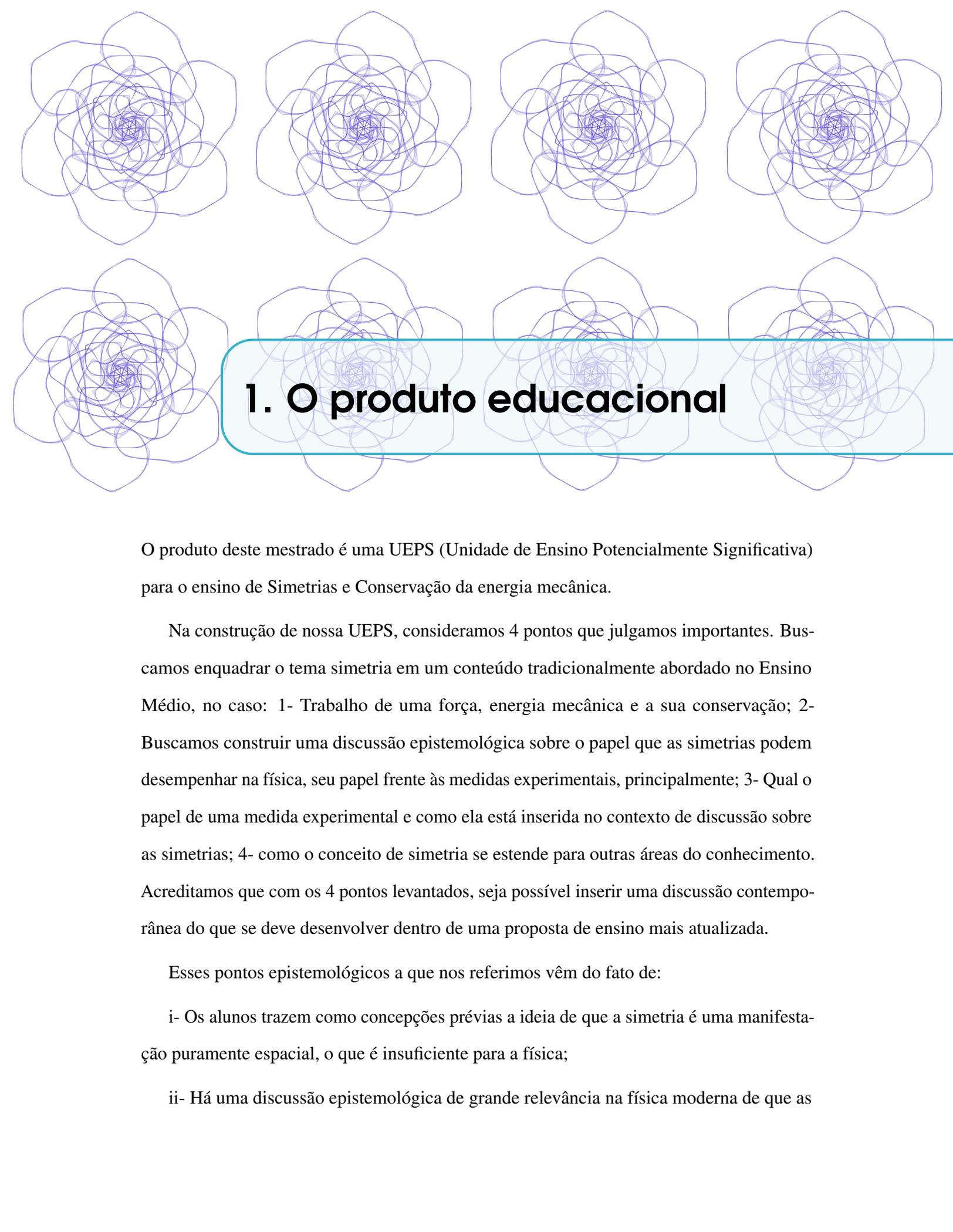
Ressalto que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Além disso, agradeço à FAPEMIG pelo apoio de taxa de bancada - Projeto MPR 00703-15.

Juiz de Fora, Agosto, 2018



Conteúdo

1	O produto educacional	5
2	Plano de Aulas	13



1. O produto educacional

O produto deste mestrado é uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) para o ensino de Simetrias e Conservação da energia mecânica.

Na construção de nossa UEPS, consideramos 4 pontos que julgamos importantes. Buscamos enquadrar o tema simetria em um conteúdo tradicionalmente abordado no Ensino Médio, no caso: 1- Trabalho de uma força, energia mecânica e a sua conservação; 2- Buscamos construir uma discussão epistemológica sobre o papel que as simetrias podem desempenhar na física, seu papel frente às medidas experimentais, principalmente; 3- Qual o papel de uma medida experimental e como ela está inserida no contexto de discussão sobre as simetrias; 4- como o conceito de simetria se estende para outras áreas do conhecimento. Acreditamos que com os 4 pontos levantados, seja possível inserir uma discussão contemporânea do que se deve desenvolver dentro de uma proposta de ensino mais atualizada.

Esses pontos epistemológicos a que nos referimos vêm do fato de:

i- Os alunos trazem como concepções prévias a ideia de que a simetria é uma manifestação puramente espacial, o que é insuficiente para a física;

ii- Há uma discussão epistemológica de grande relevância na física moderna de que as

simetrias conduzem ou não uma realidade, a um fato experimental. Sobre essa discussão era importante apenas levantar o debate, porém não era necessário se posicionar dentro de uma corrente epistemológica.

iii- Evidenciar que um princípio, tal como o de simetria, pudesse ter ou não uma consequência experimental.

iv- Discutir uma física clássica à luz de uma discussão que a aborde a luz de uma visão epistemológica de uma física contemporânea.

Justificativa

A algum tempo o ensino de Física no Brasil vem se tornando de certa forma ineficiente, os alunos apresentam cada vez menores índices de aprendizado de acordo com pesquisas educacionais e isto se mostra como um reflexo da falta de interesse por parte dos estudantes e das dificuldades metodológicas e de abordagem dos assuntos por parte dos professores. Novas metodologias e novos temas que se integram mais efetivamente na vida dos estudantes podem ajudar a mudar o panorama desta situação.

À luz dessa perspectiva propomos a aplicação do estudo das Simetrias em diversos campos da Física, por meio de uma UEPS como forma de contextualizar os desafios da Física com a vida dos alunos. A simples ideia de Simetria já abre um leque de possíveis debates que podem motivar o aluno e se envolver mais fortemente com o estudo de Física e a abordagem epistemológica voltada para a aprendizagem significativa definida por Ausubel nos parece uma alternativa para combater principalmente a falta de interesse em estudar Física por parte dos alunos.

Objetivo geral:

Propor uma abordagem alternativa para o ensino de leis de conservação em física, discutindo o conceito de Simetria e como simetrias podem ser usadas como justificativa para a fenomenologia em física, usando como situação chave a invariância temporal na conservação da

energia mecânica.

Objetivos específicos:

a) Apresentar uma proposta de trabalho em sala de aula diferente do que os alunos estão habituados e saturados.

b) Discutir as grandezas físicas Trabalho e Energia Mecânica, Leis de Conservação.

c) Levar os alunos e serem capazes de identificar simetrias e de que a partir delas podemos obter resultados observáveis.

d) Levar para as aulas de Física o tema Simetrias buscando uma abordagem mais contemporânea.

Estrutura do produto

Nossa UEPS foi elaborada de tal forma a apresentar os seguintes elementos em sua estrutura:

1- Apresentação da proposta de trabalho aos alunos, informando que estaremos estudando um dos temas do currículo da série sob uma abordagem diferenciada. Nesse momento a turma deve ser dividida em grupos de até quatro alunos, após isso será feita a aplicação de questionário preliminar sobre simetrias, conforme a Figura 1.1. O objetivo deste questionário é identificar o que os alunos entendem por simetria, se os alunos conseguem perceber diferentes tipos de simetrias existentes, se os alunos associam de alguma maneira a ideia de simetria à ocorrência de algum fenômeno físico ou não, se os alunos relacionam a ideia de simetria com algum conceito físico.

Após a realização do questionário inicial, os alunos em um grande grupo devem debater algumas das questões com a mediação do professor. As respostas analisadas e as concepções prévias identificadas devem ser usadas como base para a estruturação das aulas seguintes (2 aulas). Vale ressaltar que o questionário para verificação de concepções prévias também pode ser considerado um organizador prévio na medida que remete aos alunos a possibilidade de relacionar simetrias a outras interações que não só as geométricas .



AULA 01 SIMETRIAS E FÍSICA

Questionário Inicial

DABATER SOBRE CADA QUESTÃO E ELABORAR RESPOSTAS COLETIVAS PARA CADA UMA DELAS .

- 1 - O que é para você **SIMETRIA**?
- 2 – O que é um eixo de **SIMETRIA**? Cite Exemplos.
- 3 – Para vocês existe algo que se possa perceber a respeito de **SIMETRIAS** além da ideia de eixo de simetria?
- 4 – Cite alguma situação em que você pode identificar **SIMETRIAS** em áreas como esportes, artes plásticas e outras que vocês entendam que devam ser citadas .
- 5 – O que é uma quebra/violação de **SIMETRIA**? Cite exemplos.
- 6 – Em situações que apresentem algum tipo de **SIMETRIA** é possível dizer se a **SIMETRIA** percebida é a consequência_inerente ao contexto ou pode ser a causa para o contexto ?

Figura 1.1: Questionário preliminar aplicado para os alunos.

2- A partir das repostas ao questionário o professor deve propor que os grupos debatam as questões e nesse momento cabe ao professor mediar o debate fazendo a inserção se necessário de alguns organizadores prévios. Nesse momento estaremos também revisando os tópicos abordados no questionário. Em seguida deve ser apresentado aos alunos os nove

primeiros minutos do vídeo Arte & Matemática - Simetria produzido pelo ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>, onde são apresentados vários tipos de simetria e os alunos podem começar a relacionar a ideia de Simetria não só a questões geométricas. Esperamos com isso que os alunos possam perceber que o conceito de simetria pode ser interpretado por diferentes perspectivas (1 aula).

3- Passamos agora para uma atividade prática. Os grupos irão receber sólidos geométricos em isopor ou papelão (esfera e cubo) para que digam quais possíveis transformações (movimentos) são aplicáveis para que se evidenciem alguma simetria e quais poderiam ser as opções para que essas simetrias sejam violadas. Acompanham os sólidos um roteiro para a atividade prática, conforme a Figura 1.2. Se houver tempo as conclusões sobre os sólidos serão lidas para o grande grupo e discutidas. A expectativa é que os grupos cheguem à conclusão que existem tipos diferentes de simetrias e que nem todos os tipos podem ser aplicados em todos os casos (2 aulas).

4- O professor irá apresentar através de aulas expositivas os conceitos de trabalho mecânico, energia cinética, energia potencial gravitacional, além de revisar as funções horárias para posição e velocidade em movimentos acelerados. Dessa forma o currículo formal se insere no contexto do trabalho. Após a apresentação dos conceitos será apresentado mais um trecho do vídeo Arte & Matemática - Simetria onde o conceito de invariância temporal da energia é exposto (2 aulas).

5- O professor irá apresentar para os alunos a expressão para o trabalho da força peso de um corpo e a partir das equações de energia cinética, energia potencial gravitacional e das funções horárias para a velocidade e posição de um corpo se movendo verticalmente os alunos serão orientados a demonstrar a independência temporal da energia mecânica.

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



ATIVIDADE PRÁTICA SIMETRIAS E FÍSICA

Grupo _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

Aluno(a) _____

OS GRUPOS IRÃO RECEBER UM CUBO E UMA ESFERA .

1 – Realize transformações de simetria nos sólidos, ou seja, digam quais as possíveis transformações (MOVIMENTOS) são aplicáveis para que evidenciem alguma simetria. Anote essas operações .

2 – É possível que exista mais de uma simetria, ou seja, você pode realizar duas ou mais operações de simetria em cada um dos sólidos recebidos ?

3 – Realiza a violação ou quebra da simetria, ou seja, promova a quebra de simetria de alguma forma, sem destruir o sólido.

4 – Quando você realizou a quebra de simetria, alguma outra simetria foi preservada? Seria possível isso?

Figura 1.2: Atividade prática: operações de simetrias em cubos e esferas.

A seguinte questão foi proposta para os alunos:

Questão proposta

Sabendo que para uma partícula sob ação de um campo gravitacional, as funções horárias de posição e velocidade são dadas por,

$$v(t) = v_0 - gt \text{ e que } h(t) = h_0 + v_0t - \frac{gt^2}{2},$$

mostre que a energia mecânica total da partícula,

$$E = \frac{m}{2}v^2(t) + mgh(t)$$

não depende do tempo.

Após o término da atividade os alunos deverão elaborar um parágrafo sobre o resultado encontrado (2 aulas).

6- Neste momento os alunos fazem uma avaliação somativa, envolvendo questões tradicionais sobre cálculos de trabalho, energia e aplicação da conservação da energia mecânica. Segue abaixo a lista de questões propostas aos estudantes.

Q1) Um objeto é abandonado de $5m$ de altura. Utilizando-se do princípio da Conservação da Energia Mecânica, calcule a velocidade de chegada ao solo.

Q2) Um corpo é lançada verticalmente para cima, com velocidade inicial de $10m/s$. Desconsiderando forças dissipativas, qual a altura máxima atingida?

Q3) Um bloco de massa $m = 5kg$ é preso a uma mola de constante elástica $k = 2 \times 10^3 N/m^2$, como na Figura 1.3. A mola é comprimida de uma distância $x = 2,5cm$ do seu comprimento natural. Sabendo que o bloco desloca-se sem atrito, determine a altura atingida por ele ao liberarmos a mola.

Q4) A não Conservação da Energia Mecânica pode ser uma quebra de simetria? Como

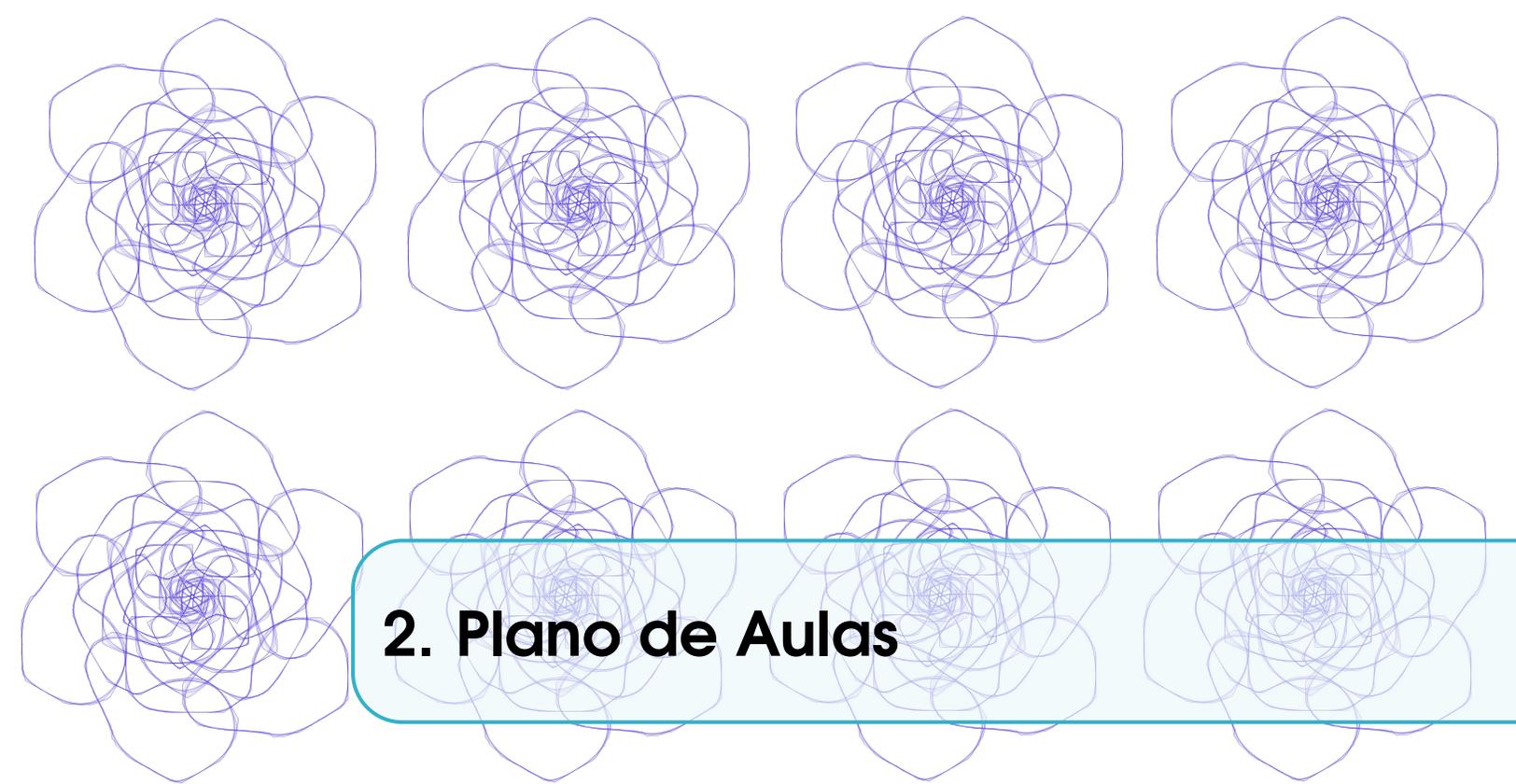


Figura 1.3: Figura ilustrativa para a questão somativa 3.

ela pode ser realizada?

7- Os alunos novamente respondem às perguntas do questionário inicial e o professor apresenta alguns resultados de Física contemporânea envolvendo Simetrias para reforçar a relação de Física e argumentos de Simetria para o encerramento da UEPS.

A avaliação da UEPS será feita à medida que os alunos realizarem as atividades de cada etapa, o professor irá monitorar se durante os sucessivos momentos da aplicação a forma como os alunos respondem apresenta evidências de Aprendizagem Significativa. Algumas dessas evidências talvez se configurem na forma de diferentes respostas às questões do questionário aplicado no início e final da aplicação, também podemos buscar evidências de Aprendizagem Significativa nos parágrafos elaborados após a realização da atividade prática e da demonstração da invariância temporal da energia mecânica. Como atividade de encerramento da UEPS são apresentados aos alunos alguns resultados de Física contemporânea em que simetrias são o argumento norteador.



2. Plano de Aulas

Elaboramos este plano de aulas com a perspectiva de auxiliar o professor a programar suas atividades sobre simetrias e leis de conservação. Cada um dos encontros é composto por duas aulas de 50 minutos cada uma. A utilização do tempo pode ser alterada de acordo com o contexto de aplicação.

De maneira simplificada apresentamos uma opção de conduta, baseada em nossa experiência de aplicação do Produto. Baseados no referencial adotado pela Universidade Federal de Juiz de Fora, citaremos algumas obras que podem ser usadas como norteadoras para os conteúdos TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA; estas referências são:

- ÁLVARES, Beatriz Alvarenga, LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da, Curso de Física. São Paulo: Ed. Scipione, 1997, vols. 1-3.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF), Física. São Paulo: EDUSP, 1991-93, vols. 1-3.

- PAULI, Ronald Ulisses et al. Física, São Paulo: EPU, 1979-1981, vols. 1-4.

Novamente ressaltamos que estas referências podem ser alteradas de acordo com diferentes realidades e contextos de aplicação.

ENCONTRO 1:

1. Objetivo geral

Iniciar os trabalhos, contextualizando as turmas à respeito da dinâmica dos encontros.

2. Objetivos específicos

Contextualizar o trabalho com a turma.

Definir a divisão da turma em grupos de (preferencialmente) 4 alunos e cada grupo deve escolher um nome para si.

Aplicar um questionário para a pesquisa sobre concepções prévias.

3. Conteúdo programático

Definição dos grupos.

Questionário sobre concepções prévias.

Debater sobre algumas ideias apresentadas como resposta ao questionário inicial.

4. Metodologia

Informe aos alunos que os conteúdos: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA serão trabalhados em um modelo diferente do que eles estão acostumados.

Informe quais serão os integrantes de cada grupo de trabalho ou permita que os grupos sejam formados pelos próprios alunos.

Entregue o questionário inicial de trabalho, orientando os alunos a responderem baseando-se nas discussões do grupo. Terminada uma aula oriente a turma para que não excedam 15 minutos para terminar, e passados este período desenvolva um debate sobre algumas das respostas.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões à respeito deste primeiro mo-

mento.

ENCONTRO 2:**1. Objetivo geral**

A partir da identificação de alguns conhecimentos prévios, deve-se apresentar fundamentos para que tais conhecimentos possam ser usados como subsunçores.

2. Objetivos específicos

Apresentar algumas das ideias à respeito de simetrias vindas dos próprios grupos.

Promover um novo e breve debate sobre simetrias.

Apresentar organizadores prévios para que novas perspectivas à respeito da ideia de simetrias sejam trabalhadas.

3. Conteúdo programático

Ideias iniciais sobre simetrias.

Novas perspectivas para a ideia de simetrias.

4. Metodologia

A turma deve ser organizada em grupos novamente, e um breve debate sobre respostas ao questionário inicial deve ser mediado pelo professor.

Após o novo e breve debate, deve ser apresentado o primeiro trecho do vídeo: Arte & Matemática - Simetria produzido pelo Ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>. Este trecho vai do início do vídeo até o instante 9 minutos e 50 segundos.

Após a apresentação do vídeo, novamente um breve debate é proposto para encerrar a aula.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões à respeito desta atividade.

ENCONTRO 3:

1. Objetivo geral

Tornar clara a existência de diferentes tipos de simetrias de maneira prática.

2. Objetivos específicos

Proporcionar o entendimento de que situações diferentes se relacionam com diferentes tipos de simetrias.

Trazer a ideia de simetrias para um nível mais concreto do que o trabalhado até então.

Explicitar a existência e importância das quebras de simetria.

3. Conteúdo programático

Simetrias e quebras de simetrias.

Transformações de simetria em sólidos.

4. Metodologia

A turma deve ser organizada em grupos novamente, e será entregue o roteiro de atividade prática sobre simetrias. O professor fará uma breve explicação sobre a dinâmica da atividade, deixando claro que os sólidos não deverão ser danificados e que os resultados deverão ser expressos por um pequeno texto.

Os sólidos serão entregues e a atividade terá início.

Esta etapa deverá contemplar mais do que um período de aula (50 minutos), devendo o professor estar atento ao tempo, para que se possa fazer algumas considerações sobre a atividade ao final da mesma.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões à respeito desta atividade.

ENCONTRO 4:

1. Objetivo geral

Trazer os componentes curriculares: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

2. Objetivos específicos

Apresentar a teoria à respeito dos temas TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

Expressar a relação entre os conceitos de Energia Mecânica e Trabalho Mecânico.

3. Conteúdo programático

TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL, CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

4. Metodologia

O professor irá, baseando-se em seu material de referência e outras fontes bibliográficas, discutir com os alunos os elementos do programa expostos acima. É importante que se tente fazer isso de forma a contemplar 2 aulas.

5. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões a respeito desta atividade.

ENCONTRO 5:

1. Objetivo geral

Revisar o que já foi feito até o momento.

2. Objetivos específicos

Tornar claro para a turma que o entendimento sobre simetria está evoluindo.

Introduzir, se necessário, organizadores prévios (conceitos que podem auxiliar na aprendizagem de novos conhecimentos).

Retomar os temas: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

3. Metodologia

Apresentação de exemplos sobre os cálculos das grandezas citadas acima.

Proposição de exercícios para que os alunos resolvam.

4. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões a respeito desta atividade.

ENCONTRO 6:

1. Objetivo geral

Verificação da Conservação da Energia Mecânica via equações.

2. Objetivos específicos

Proporcionar a experiência de se perceber a invariância temporal da Energia Mecânica.

3. Metodologia

Apresentar para os alunos o restante do vídeo Arte & Matemática - Simetria produzido pelo Ministério da Educação e que pode ser encontrado no endereço virtual: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001033.mp4>, onde é discutida a Conservação da Energia Mecânica. O professor Luís Carlos de Menezes exemplifica a Conservação da Energia Mecânica como uma simetria com invariância temporal, o vídeo realmente faz os alunos pensarem na relação das simetrias com a Física como era esperado.

Os grupos deverão realizar, de acordo com as expressões para a energia mecânica de um corpo em movimento vertical, e das funções horárias da velocidade e posição desse corpo, o procedimento de reescrever a expressão para a energia mecânica total e relatar em pelo menos um parágrafo a que conclusão haviam chegado.

Após a atividade os alunos são orientados a elaborar um pequeno texto sobre os resultados encontrados.

4. Avaliação

Elabore um pequeno relatório com as suas impressões a respeito desta atividade.

ENCONTRO 7:

1. Objetivo geral

Com a aplicação de uma avaliação somativa, espera-se construir um registro de atividade dos trabalhos realizados pelos alunos, que pudesse ser interpretado de maneira qualitativa e quantitativa.

2. Objetivos específicos

Desenvolver habilidades referentes à realização de avaliações somativas.

Tentar averiguar de certa forma a familiarização dos alunos com questões formais sobre os temas: TRABALHO MECÂNICO, TRABALHO DA FORÇA PESO, TRABALHO COMO VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL e CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.

3. Metodologia

Aplicação de uma prova em modelo tradicional.

4. Avaliação

A avaliação se apresenta como a própria atividade, lembrando que a avaliação dos encontros e da UEPS como um todo deve ser feita através de uma perspectiva mais geral e qualitativa.

ENCONTRO 8:

1. Objetivo geral:

Finalizar a UEPS, apresentando algumas informações sobre simetrias relacionadas a resultados contemporâneos em Física.

2. Objetivos específicos.

Consolidar que princípios de Simetria se traduzem em resultados físicos.

Apresentar a área de pesquisa de Física de Partículas Elementares, via o programa das interações fundamentais, como uma das áreas em que as simetrias e suas quebras se mostraram fundamentais para a obtenção de resultados.

3. Metodologia

Tendo o professor conhecimento a respeito de alguma área de pesquisa em que as simetrias se apresentam, pode ser elaborada uma apresentação de resultados onde se possa vincular o desenvolvimento da UEPS à referida área. Caso isso não seja possível, sugerimos que o professor assista alguns vídeos sobre o assunto e planeje reprodução de um vídeo que possa ser trabalhado com as turmas. Abaixo apresentamos algumas sugestões de vídeos sobre simetrias e conservação:

- <https://www.youtube.com/watch?v=6wtYuJzLuAo>,
- <https://www.youtube.com/watch?v=y3xf2uEzzEA>,
- https://www.youtube.com/watch?v=_Iu5_w6IAfs,
- <https://www.youtube.com/watch?v=Rqfj7n5aSwY>.

4. Avaliação

Esta etapa será avaliada através do envolvimento dos alunos.