



Pesquisa em Ensino de Física

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Sabrina Passoni Maravieski

(Organizadora)

Pesquisa em Ensino de Física

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P474 Pesquisa em ensino de física [recurso eletrônico] / Organizadora
Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora,
2019. – (Pesquisa em Ensino de Física; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-209-8

DOI 10.22533/at.ed.098192803

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física – Pesquisa – Estudo de
casos. 3. Professores de física – Formação. I. Maravieski, Sabrina
Passoni. II. Série.

CDD 530.07

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa em Ensino de Física” pertence a uma série de livros publicados pela Editora Atena, e neste 1º volume, composto de 19 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados sobre a prática do docente no ensino-aprendizagem da disciplina de Física no Ensino Médio.

Com a introdução dos PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio em 1999, a presença do conhecimento da Física no Ensino Médio ganhou um novo sentido e tem como objetivo formar um cidadão contemporâneo e atuante na sociedade, pois a Física, lhe proporciona conhecimento para compreender, intervir e participar da realidade; independente de sua formação posterior ao Ensino Médio.

De acordo com os PCNEM, destacamos nesta obra, 4 áreas temáticas: Calor, Hidrostática e Óptica; Cinemática, Mecânica e Gravitação; Eletricidade e Magnetismo e Energia e Princípios de Conservação.

Desta forma, algumas pesquisas aqui apresentadas, dentro das referidas áreas temáticas, procuram investigar ou orientar os docentes e os futuros docentes dos Cursos de Licenciatura em Física e Ciências Naturais, bem como avaliar e propor melhorias na utilização dos livros didáticos, como por exemplo, no âmbito CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente); além de práticas docentes que almejam o cumprimento dos PCNEM no planejamento do docente.

Quando alusivo ao âmbito ensino-aprendizagem, devemos de imediato, pensar nas diversas teorias metodológicas e nos diversos recursos didáticos que podemos adotar em sala de aula, incluindo as atuais tecnologias. Neste sentido, esta obra, tem como objetivo principal oferecer contribuições na formação continuada, bem como, na autoanálise da prática docente, resultando assim, em uma aprendizagem significativa dos estudantes de Ensino Médio. Neste sentido, o docente poderá implementá-las, valorizando ainda mais a sua prática em sala de aula.

Além disso, a obra se destaca como uma fonte de pesquisa diversificada para pesquisadores em Ensino de Física, visto que, quando mais disseminamos o conhecimento científico de uma área, mais esta área se desenvolve e capacita-se a ser aprimorada e efetivada. Pois, nós pesquisadores, necessitamos conhecer o que está sendo desenvolvido dentro da esfera de interesse para que possamos intervir no seu aspecto funcional visando melhorias na respectiva área.

Dentro desta perspectiva, na área de Calor, Hidrostática e Óptica apresentamos um estudo que avalia o método dedutivo da equação de Gauss da óptica geométrica aplicados à formação de imagem em espelhos esféricos, contemplados em diferentes livros-texto utilizados nos cursos de Licenciatura em Física (capítulo 1). Outro estudo apresenta o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na abordagem de conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes em um curso de Ciências da Natureza - Licenciatura. O estudo teve como base as ideias de Gardner em relação à Teoria das Múltiplas Inteligências, de Ausubel sobre a Aprendizagem Significativa e de

Peters, Costa, Oliveira entre outros, em relação ao uso das TIC no Ensino (capítulo 2). No estudo do calor, os autores avaliaram a produção de professores em um curso de atualização sobre “Tecnologias Digitais Ampliando o uso de Metodologias Participativas e Metacognitivas em Ciências Naturais” (capítulo 3).

Na área temática: Cinemática, Mecânica e Gravitação, as metodologias e recursos apresentaram-se diversificadas. O capítulo 4, relata um experimento de colisão unidimensional em um trilho de ar utilizando sensores e o software livre CvMob para a vídeo-análise, cuja função foi a obtenção de medidas contínuas de corpos em movimento. Os resultados apontaram que o recurso utilizado foi preciso e de baixo custo para experimentação em Física, principalmente, no que diz respeito à análise do movimento de objetos. Outro estudo utilizando este mesmo tipo de recurso, com a finalidade de potencializar o ensino aprendizagem da física e da matemática, os autores utilizaram um software de vídeo-análise Tracker no estudo de lançamento oblíquo. Neste os estudantes tiveram a oportunidade de verificar a influência das condições ambientais, descartadas nos enunciados dessas questões, e ampliar a descrição matemática através de gráficos e análise de vetores, fatores que não seriam explorados nesses exercícios sem o recurso computacional. Com a ferramenta os estudantes também conseguiram desenvolver críticas aos exercícios selecionados a partir de comparações com os enunciados e os dados experimentais (capítulo 12). No capítulo 5, os autores apresentaram uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas, comparando esse fenômeno com as marés oceânicas. Onde, para a detecção das oscilações barométricas foi possível fazer uso da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. Já no capítulo 10, o leitor irá se deparar com outro estudo que utiliza o Arduino como recurso o qual substitui os tradicionais kits. No entanto, neste caso, fez uso do sensor LDR para determinar a posição em diversos experimentos para o ensino-aprendizagem da Física para o Ensino Médio, mostrando-se uma alternativa eficaz e de baixo custo. Outro estudo abordou a eficácia do uso do software Solar System Scope para dispositivos móveis no ensino-aprendizagem da Física no Estudo das Leis de Kepler (capítulo 6). Na proposta apoiada na história, Filosofia e Epistemologia da Ciência os autores apresentam as contribuições de Ptolomeu para a evolução do modelo geocêntrico do Sistema Solar (capítulo 7). Outra proposta pautada na construção do conhecimento por meio da experimentação pode ser verificada no capítulo 11, onde alunos de Licenciatura em Ciências Naturais tiveram contato com: a historiografia do aeromodelismo, montagem de um modelo aéreo e matematização dos conceitos (terceiro momento) em formato de oficina, mostrando a importância destas etapas no ensino-aprendizagem. No âmbito, experimentos de física em sala de aula utilizando recursos didáticos do cotidiano; o capítulo 8 tratou de uma atividade experimental realizada em uma classe de Jovens e Adultos (EJA) com carrinhos de fricção para determinar a velocidade média deste. No estudo sobre a deformação sofrida por molas, foram realizadas atividades investigativas

e de experimentação, fundamentadas na teoria cognitiva de aprendizagem utilizando o conhecimento prévio de alunos do Ensino Médio; possibilitando a discussão de conceitos estatísticos, métodos de medição e unidades de medidas (capítulo 9).

Na área temática de Eletricidade e Magnetismo o leitor irá se deparar com 4 capítulos os quais mostram uma preocupação em investigação inicial dos alunos, sequencias didáticas, experimentos de baixo custo e utilização de softwares. O primeiro (capítulo 13), os autores investigaram as diferentes situações didáticas, pertencentes ao campo conceitual da eletrodinâmica, que são propostas aos alunos nas atividades (exercícios, problemas e testes) dos livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2012. O fundamento teórico basilar desta investigação foi a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud e tomou como base a ideia defendida pelo autor de que um conceito não se constrói ou aprende com o uso de um só tipo de situação. No capítulo seguinte (14), os autores apresentaram uma sequência didática relacionada ao tema eletricidade por meio da metodologia interativa e investigativa utilizando como recurso didáticos e tecnológicos, exercícios de apostilas de vestibular, a plataforma google forms e simuladores PhET. A sequência didática foi dividida em: a) pré-teste, b) conteúdo digital (utilizando roteiro e kit de circuito Elétrico DC), c) sistematização do conhecimento (lista de exercícios) e d) avaliação para verificação da aprendizagem. Para o estudo conceitual de algumas grandezas físicas, bem como de algumas Leis em eletricidade e magnetismo. No capítulo 15, os autores, descreveram experiências construídas e realizadas com materiais de baixo custo e de fácil aquisição para alunos do Ensino Médio. No capítulo 16, os autores também apresentaram uma sequencia didática com aplicação do simulador PhET, mas com a abordagem POE (predizer, observar e explicar) e da teoria de múltímodos e múltiplas representações. Neste caso, o estudo buscou a correlação das variáveis motivacionais no ensino-aprendizagem de eletricidade e magnetismo para alunos de graduação em Engenharia de uma instituição particular.

Ao leitor, que esta obra, contribua para sua prática em sala de aula, fazendo desta um espaço de relação entre a tríade: professor-alunos-conhecimento.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata diversas pesquisas em ensino de Física e Ciências Naturais, valorizando a prática do docente, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas metodologias de ensino-aprendizagem, tecnologias e recursos didáticos, promovendo a melhoria na educação do nosso país.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEDUÇÃO DA CONVENÇÃO DE SINAL DA EQUAÇÃO DE GAUSS PARA ESPELHOS ESFÉRICOS	
<i>Niels Fontes Lima</i> <i>Rodrigo Oliveira Magalhães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928031	
CAPÍTULO 2	12
ESTUDO DE CONCEITOS DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES COM USO DE AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	
<i>Diovana Santos dos Santos Habermann</i> <i>Franciele Braz de Oliveira Coelho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928032	
CAPÍTULO 3	29
METACOGNIÇÃO NO ENSINO PARTICIPATIVO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO CALOR	
<i>Clayton Ferreira dos Santos</i> <i>Kátia Regina Varela Roa</i> <i>Miriam Alves Dias Santana</i> <i>Vera B. Henriques</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928033	
CAPÍTULO 4	39
ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO DE COLISÃO UNIDIMENSIONAL USANDO SOFTWARE LIVRE CVMOB	
<i>Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento</i> <i>Rodrigo Costa Veras</i> <i>Francisco Ronan Viana Araújo</i> <i>Itamar Vieira de Sousa Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928034	
CAPÍTULO 5	49
AS MARÉS ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA	
<i>Luiz Raimundo Moreira de Carvalho</i> <i>Helio Salim de Amorim</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928035	
CAPÍTULO 6	59
AVALIAÇÃO DO USO DO APLICATIVO SOLAR SYSTEM SCOPE NO ENSINO DAS LEIS DE KEPLER	
<i>Adriano Alves de Araujo</i> <i>Harrison Luz dos Santos</i> <i>Gabryell Malcher Freire</i> <i>Fábio Andrade de Moura</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928036	

CAPÍTULO 7	68
CONTRIBUIÇÃO DE PTOLOMEU PARA A EVOLUÇÃO DO MODELO GEOCÊNTRICO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS	
<i>Natalia Talita Corcetti</i> <i>Estéfano Vizconde Veraszto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928037	
CAPÍTULO 8	78
EXPERIMENTO COM CARRINHOS DE FRICÇÃO PARA TRATAR DE VELOCIDADE MÉDIA NO PRIMEIRO ANO/SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	
<i>Arivaldo Lopes</i> <i>Marli Santana Pimentel Lopes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928038	
CAPÍTULO 9	86
MEDIÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO E (RE)DESCOBERTA: UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM PESOS E MOLAS	
<i>Amsterdam de Jesus Souza Marques de Mendonça</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928039	
CAPÍTULO 10	99
O USO DO LDR COMO SENSOR DE POSIÇÃO COM O ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA	
<i>Lázaro Luis de Lima Sousa</i> <i>Nayra Maria da Costa Lima</i> <i>Luciana Angélica da Silva Nunes</i> <i>Leonardo Augusto Casillo</i> <i>Andreia Paulino da Silva</i> <i>Rodolfo Felipe Medeiros Alves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280310	
CAPÍTULO 11	109
USANDO A MECÂNICA DE VOOS PARA FACILITAR O APRENDIZADO DE CONCEITOS DA MECÂNICA CLÁSSICA	
<i>Juliana Oliveira Costa</i> <i>Renan de Melo Alencar</i> <i>Bianca Pereira Almeida</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280311	
CAPÍTULO 12	117
USO DE VIDEOANÁLISE PARA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE LANÇAMENTO OBLÍQUO	
<i>Gustavo Affonso de Paula</i> <i>Milton Alves Gonçalves Júnior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280312	

CAPÍTULO 13	126
A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E O CAMPO CONCEITUAL DA ELETRODINÂMICA: AS DIFERENTES SITUAÇÕES PRESENTES NAS ATIVIDADES DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA	
<i>Deivid Andrade Porto</i>	
<i>Tiago Ferraz Rodrigues</i>	
<i>Mariele Regina Pinheiro Gonçalves</i>	
<i>Marco Aurélio Clemente Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280313	
CAPÍTULO 14	135
CIRCUITOS ELÉTRICOS- UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO RECURSOS TECNOLÓGICOS	
<i>Arthur Alexandre Magalhães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280314	
CAPÍTULO 15	154
EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM ELETRICIDADE E MAGNETISMO PARA O ENSINO MÉDIO	
<i>Alfredo Sotto Fernandes Jr</i>	
<i>Miguel Arcanjo-Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280315	
CAPÍTULO 16	163
MOTIVAÇÕES, SIMULAÇÕES E DESEMPENHO NO ENSINO DE ELETRICIDADE	
<i>Alcides Goya</i>	
<i>Patrícia Beneti de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280316	
CAPÍTULO 17	173
O CONCEITO DE ENERGIA E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	
<i>Geziane dos Santos Pereira</i>	
<i>Milton Souza Ribeiro Miltão</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280317	
CAPÍTULO 18	191
ATIVIDADE EXPERIMENTAL CATIVANTE: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO	
<i>Cleidson Santiago de Oliveira</i>	
<i>Mauro Vanderlei Amorim</i>	
<i>Elizabeth Machado Baptestini</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280318	
CAPÍTULO 19	201
USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ENERGIA E TRANSFORMAÇÕES ENERGÉTICAS PARA O 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL	
<i>Alex Arouca Carvalho</i>	
<i>Júlio Akashi Hernandez</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280319	
SOBRE A ORGANIZADORA	215

O CONCEITO DE ENERGIA E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Geziane dos Santos Pereira

Mestranda em Física, Programa Pós Graduação
em Física,
Universidade Federal da Bahia,
Salvador- BA

Milton Souza Ribeiro Miltão

Universidade Estadual de Feira de Santana,
Departamento de Física,
Feira de Santana – BA

RESUMO: O ensino de Física é uma área complexa e cheia de desafios, um deles é compreender os conceitos Físicos a partir do ponto de vista de cada uma das teorias de aprendizagem. Neste trabalho foi realizada uma análise dos conceitos de Energia a partir da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. As formas e os tipos de TAS foram estudados através do conceito de Energia Cinética, Energia Potencial e Energia Mecânica. Após a análise, pode-se estruturar uma avaliação segundo a TAS para melhorar o uso desta na sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física, Aprendizagem significativa, Energia.

ABSTRACT: The Teaching of Physics is a complex area and full of challenges, one of them is to understand the Physical concepts from the point of view of each of the theories of

learning. In this work an analysis of the concepts of Energy was performed from David Ausubel's Significant Learning Theory (SLT). The forms and types of SLT were studied through the concept of Kinetic Energy, Potential Energy and Mechanical Energy. After the analysis, an evaluation according to the SLT can be structured to improve its use in the classroom.

KEYWORDS: Physics Teaching, Significant Learning, Energy.

1 | INTRODUÇÃO

O ensino de Física é uma área extensa e rica em conhecimentos. Esses conhecimentos se concatenam de forma complexa e evoluem conforme a necessidade social e científica.

Com efeito, a mudança social contribuiu para os processos na educação nas últimas décadas, cujas bases cognitivas ainda eram muito marcantes. Neste contexto, estas teorias cognitivas visam compreender o que acontece na estrutura cognitiva de cada ser humano e com o avanço tecnológico pode-se pesquisar através da neurociência e de seus ramos algumas questões do tipo: como aprendemos? Como organizamos a nossa memória? Como substituímos funções de partes danificadas do cérebro? A preocupação com o ensino/

aprendizado em Física também perpassa por este viés. (NARDI, 2003; MOREIRA, 2014; OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011)

Um dos pesquisadores em ensino de Física, Marco Antonio Moreira, utiliza a teoria cognitivista de Ausubel para compreender o processo de ensino/aprendizagem de conteúdos de Física na Educação Básica. (MOREIRA, 2009; MARQUES e MILTÃO, 2010)

Deste modo, a contribuição da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, por meio da psicologia da educação, se ocupa de um fato muito importante que é conhecer o que o aprendiz já sabe e a partir disto relacionar este conhecimento existente ao novo conceito de forma não literal e não arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2000).

Dessa forma, nesse artigo, uma extensão daquele apresentado no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017 (PEREIRA e MILTÃO, 2017), trataremos da TAS e de sua relação com o conceito de Energia, considerando a organização daquela em tipos e formas. Na segunda seção trataremos da síntese da teoria de aprendizagem significativa. Na terceira, do conceito de energia. Na quarta, da energia e a teoria de aprendizagem significativa e na quinta a Conclusão.

2 | SÍNTESE DA TAS

2.1 Considerações Gerais sobre a TAS

A TAS de David Ausubel Figura 1 relaciona um novo conceito (a letra 'a', em cor amarela da Figura 2) de maneira não arbitrária e não literal a um conceito importante na estrutura cognitiva do educando (a letra 'A', em cor azul da Figura 2). Isto é, não arbitrária, significa que o novo conceito deve expressar uma relação lógica ou analógica entre a forma e o significado. Não literal, significa que não é de forma exata, restrita, ou seja, ao pé da letra. (MOREIRA, 2009; AUSUBEL, 2003).

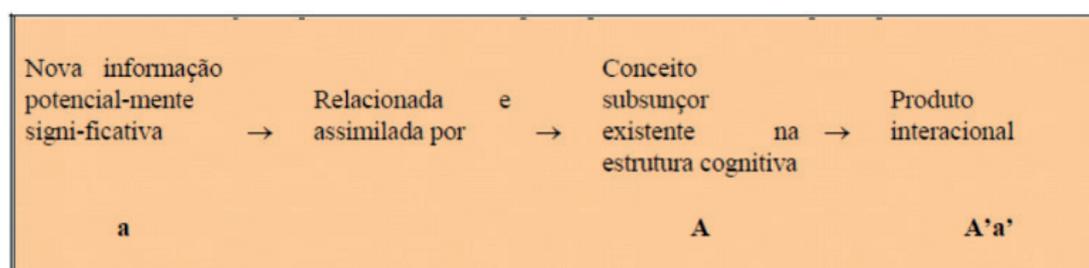


Figura 1: Modelo de representação das modificações das Estruturas Mentais. Fonte: Moreira, 2009.

Segundo Santana (p. 32, 2009) a Figura 2 mostra o esquema da teoria de aprendizagem significativa, segundo Ausubel, comparando com a aprendizagem mecânica. Nesta Figura 2, tem-se o esquema das estruturas cognitivas do educando. Neste processo, temos as letras maiúscula e minúscula "A" e "a" e cores azul, amarelo

e beje. Na primeira fase, ocorre o processo de ensino, onde a letra **A** no retângulo azul representa o subsunçor e o **a** no círculo amarelo simboliza um conhecimento novo. Nas fases seguintes, tanto o **A** quanto o **a** são modificados. Na aprendizagem mecânica não há uma interação entre **A** e **a**. A relação entre o novo conhecimento e o conhecimento existente na estrutura cognitiva, pode ser percebido através da Figura 2.

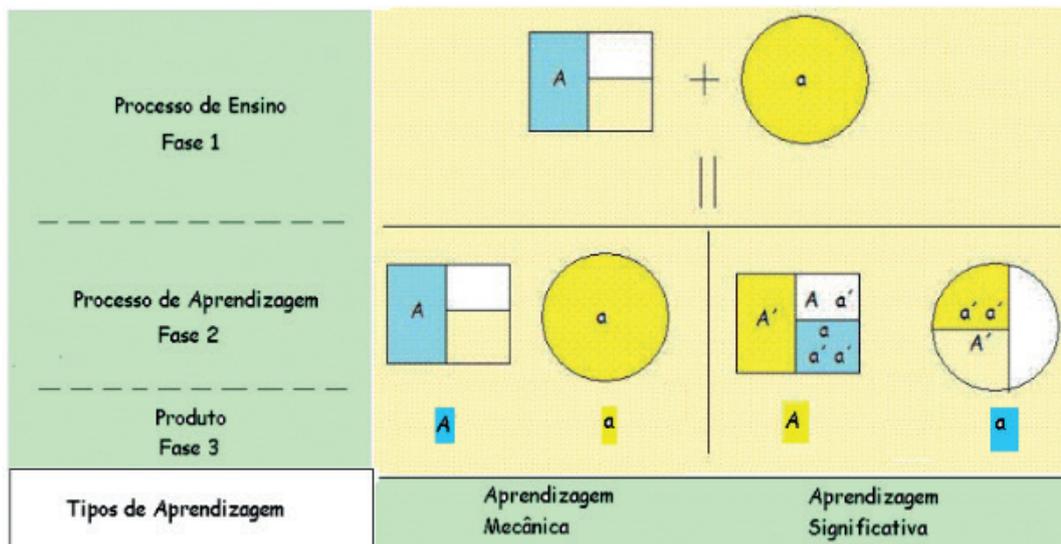


Figura 2: Processo de assimilação que ocorre com um novo conceito ou nova ideia partindo da Teoria de Aprendizagem significativa de David Ausubel. Fonte: Santana, 2009.

Moreira (p. 2009) esquematiza a assimilação na Figura 1, fazendo a relação entre o **A** e o **a** como **uma** assimilação que ocorre na estrutura cognitiva, colocando o produto da interação desses conceitos. A estrutura cognitiva é modificada pela interação desses produtos que se dissociam e o **A** tem o conceito ampliado.

De maneira sistemática, consideremos o mapa conceitual da TAS da Figura 3 abaixo

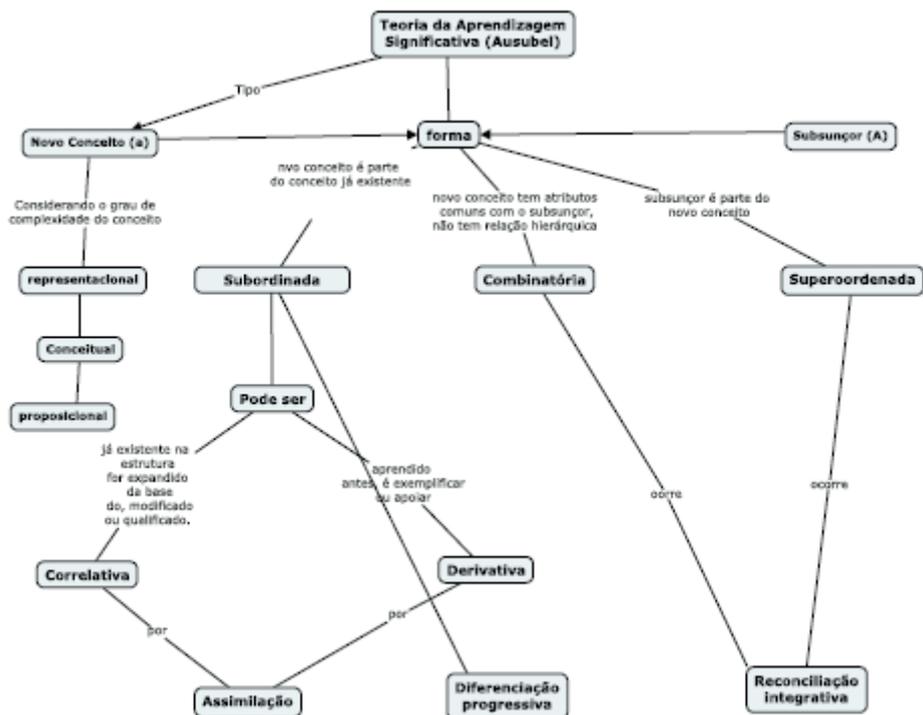


Figura 3: Mapa Conceitual da TAS. Fonte: o próprio autor.

Conforme explícito no mapa conceitual da Figura 3, a TAS é organizada em forma e tipos de aprendizagem significativa. O tipo de aprendizagem significativa se refere à hierarquia de complexidade de um conceito, isto é, um conceito pode ser aprendido representacionalmente, o que significa que o estudante pode nomear, classificar e definir conceitos, apesar de ainda estar próximo da memorização. Quando a aprendizagem se expande um pouquinho, e o conceito passa a ser compreendido como regularidade em eventos, tem o tipo conceitual da aprendizagem significativa, onde agora se expressa um conceito como uma ampliação do significado. E, por fim, se conseguir estabelecer proposições utilizando tais conceitos, tem-se o tipo proposicional da aprendizagem significativa.

Ainda considerando o mapa conceitual da Figura 3, segundo Moreira (2009) a aprendizagem significativa pode ocorrer das seguintes formas, as quais relacionam um conceito novo com seus respectivos subsunções: subordinada, superordenada e combinatória. Na aprendizagem significativa subordinada o novo conceito é parte do conceito já existente. Na aprendizagem significativa superordenada o subsunção é parte do novo conceito, é o inverso da subordinação. Já na combinatória, a aprendizagem não ocorre por subordinação, nem por superordenação, pois o novo conceito “*tem alguns atributos de critérios em comum com as idéias preexistentes*” (AUSUBEL, 2003, p.111).

Pode-se ilustrar a relação não arbitrária e não literal da seguinte forma. Supõe-se que ao ensinar os tipos de animais, destaque-se, a classe dos mamíferos; se o animal é mamífero, logo ele se alimenta de leite materno por determinado período. Sendo assim, introduz-se para ilustrar a compreensão do educando, um conjunto contendo

nomes de animais como:

Conjunto de Animais = {cão, gato, golfinho, ser humano, jacaré},

conjunto este que contém conceitos antigos já existentes na estrutura cognitiva do educando, i.e., os subsunçores.

Porém, o animal **JACARÉ** não pertence ao grupo de conceitos potencialmente significativo, a classe dos mamíferos; então ele não pode ser utilizado como organizador prévio para ancorar o conceito de mamífero. Porque não vai se relacionar de forma não literal e não arbitrária por não ser um mamífero. Os outros animais são mamíferos, mas o jacaré é um réptil. No entanto, o novo conceito **MAMÍFERO** deve fazer uma relação relevante com o conceito ANIMAIS. Pode-se ancorar o novo conceito **MAMÍFERO** nos **subsunçores** CÃO, GATO, GOLFINHO, SER HUMANO, mas, não pode utilizar o subsunçor JACARÉ, que neste caso, é arbitrário. Neste sentido, para propiciar a compreensão do novo conceito (animais mamíferos), o professor colocará o fato de que tais animais se alimentam de leite materno, como todos os seres humanos. Temos então um exemplo de aprendizagem significativa subordinada, pois o novo conceito é parte do conceito existente, o subsunçor 'conjunto de animais' e o aluno fará uma diferenciação progressiva a partir da informação do professor (animais que se alimentam de leite materno conforme todos os seres humanos), para assimilá-lo.

Sendo assim, conforme os estudos em Ausubel (2003), para que haja aprendizagem significativa, o novo conceito deve ter um novo significado no sistema cognitivo do educando, para que esse possa ser acessado pelo educando ao resolver a situação-problema ligada ao novo conceito a ser aprendido. Mas, para que isso ocorra significativamente é necessário entender que o professor tem um papel importante nessa aprendizagem, porque o aluno não irá aprender sozinho, sem o intermédio do professor.

Nesta perspectiva, Valério (1999) relata que, para que o estudante possa aprender, ele necessita também ter vontade de aprender, não basta ter subsunçores e materiais potencialmente significativos; o educando necessita ter vontade real de aprender para que assim desfrute dos conceitos expostos pelo professor de modo que, junto aos conceitos existentes no seu cognitivo, possa ancorar o novo conceito aprendido.

Desta forma, fica patente que o sistema cognitivo do educando é a base para a aprendizagem significativa. Pois, os conhecimentos adquiridos numa determinada área se organizam de maneira hierárquica e complexa na estrutura cognitiva. E, além disso, cada estudante possui sua visão de mundo e faz a sua leitura psicológica do mundo individualmente. Portanto, um material só é potencialmente significativo, se o aprendiz der o significado ao material; por si sozinho o material não tem significado algum. Os conteúdos aprendidos numa determinada área são relevantes e essenciais à aprendizagem de novos conceitos (AUSUBEL, 2003, p.10).

Logicamente, o material significativo (conteúdo da matéria no contexto da aprendizagem escolar) é sempre, e apenas pode ser apreendido em relação a uma base

de conceitos e de princípios relevantes, anteriormente apreendidos por um determinado aprendiz e, também, a informações pertinentes que tornam possível o aparecimento de novos significados e melhoram a organização e a retenção dos mesmos. Por conseguinte, é evidente que as propriedades substantivas e organizacionais desta base afetam de forma crucial quer a precisão e a clareza destes novos significados emergentes, quer a recuperação imediata e a longo prazo dos últimos.

Partindo desse pressuposto, observa-se que a aprendizagem significativa é baseada no significado que o aprendiz dá ao novo conceito, relacionando-o com os signos já existentes na sua estrutura cognitiva. Assim, para Moreira (2009), relacionar um conceito ou material potencialmente significativo, de forma *não arbitrária*, isto é, plausível, não aleatória e *não literal*, ou seja, que possua significado lógico, coerente entre si, se faz necessário o uso de subsunçores potencialmente significativos.

Quando não houver um subsunçor potencialmente significativo, pode-se introduzir um **organizador prévio**. Organizador prévio é um material introdutório apresentado antes do conteúdo a ser ensinado, com mesmo nível de abstração para servir de ancoradouro ao novo conhecimento (MOREIRA, 2008; RIBEIRO, FREITAS e MIRANDA, 1997). Por seu turno, Machado e Ostermann estabelecem, em relação aos objetivos de um organizador prévio, que “*Organizadores prévios são materiais que tem por objetivo preencher a lacuna existente entre o que o aprendiz sabe e o que ele precisa saber*” (MACHADO & OSTERMANN, 2006, p. 8). Esses organizadores prévios são materiais pedagógicos que criam motivações e conceitos para ancorar o novo conceito. Moreira (2009, p.14), neste sentido, realça:

Ausubel, no entanto, propõe o uso de **organizadores prévios** que sirvam de ancoradouro para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, porém, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do que esse material. Não são, portanto, sumários, introduções ou ‘visões gerais do assunto’, os quais são, geralmente, apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que os segue, simplesmente destacando certos aspectos.

Este material potencialmente significativo, que será relacionado à estrutura cognitiva do estudante pode ser introduzido através de uma simulação, uma imagem, um exemplo do cotidiano, conceitos, etc. (YAMAZAKI, 2008; AUSUBEL, 2003).

Na TAS de Ausubel a estrutura cognitiva e o subsunçor são importantes para a aprendizagem significativa. O foco, antes centrado no professor, na TAS é centrado no que o estudante já sabe e no que está armazenado na sua estrutura cognitiva. Ausubel chama a atenção quanto ao conhecimento que está armazenado no sistema cognitivo do estudante para ser relacionado ao novo conhecimento. Silva (2012, p.4), por sua vez, explicita a importância da estrutura cognitiva na TAS:

A Aprendizagem Significativa de David Ausubel e colaboradores considera a

mente humana como uma estrutura organizada e hierarquizada de conhecimentos. Essa estrutura é constantemente e continuamente modificada pela assimilação de novos conceitos, proposições e informações. Uma informação é aprendida de forma significativa quando se relaciona a outras ideias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivos que estejam claros e disponíveis na mente do indivíduo. Os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito seriam os suportes em que o novo conhecimento se apoiaria. A esse processo Ausubel denominou de 'ancoragem'. Essas ideias ou conhecimentos anteriores funcionam como âncoras, chamadas pelo autor de 'subsunoçores'.

A estrutura de cognição é importante porque nela emerge os subsunoçores potencialmente significativos que ancorarão os novos e atuais conceitos de modo que a assimilação deste novo conceito e/ou ideia seja reorganizada na estrutura cognitiva do aprendiz. Na falta desses subsunoçores potencialmente significativos usa-se o organizador prévio, como dito mais acima.

Desta forma, tanto o novo conceito quanto o(s) subsunçor(es) são modificados, não sendo mais os mesmos. Em outras palavras, após a assimilação o novo conceito será modificado na estrutura cognitiva. A partir daí, ambos têm seus significados ampliados, pois foram ancorados de forma não-arbitrária - com subsunoçores específicos, relevantes ao novo conceito - e não-literal ou seja não é a palavra que expressa o novo conceito que é incorporado à estrutura cognitiva, mas sim a essência do novo conceito.

2.2 Estrutura da Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria de aprendizagem significativa de Ausubel é organizada sob hierarquia segundo a **Forma** e o **Tipo** de aprendizagem. A forma refere-se como o conceito se relaciona com o subsunçor e o tipo qualifica o grau de complexidade desse novo conceito ou novos conceitos, conforme expresso no mapa conceitual da Figura 3.

Na teoria da aprendizagem significativa o importante é o que o aprendiz já sabe e isso é a base da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. O que o aprendiz já sabe irá se relacionar com o novo conceito de forma **Subordinada**, **Superordenada (Subordinante)** ou **Combinatória**; além disso, o grau de complexidade do novo conceito será do tipo **Representacional**, **Conceitual** ou **Proposicional**. De acordo com Ausubel (2003, p. 3), os tipos e as formas da aprendizagem significativa se relacionam como segue:

A aprendizagem Proposicional pode ser Subordinada (de subsunção), Subordinante ou Combinatória. A aprendizagem de subsunção ocorre quando uma proposição 'logicamente' significativa de uma determinada disciplina (plausível, mas não necessariamente válida em termos lógicos ou empíricos, no sentido filosófico) se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno. Tal aprendizagem pode denominar-se derivativa, caso o material de aprendizagem apenas exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva. Denomina-se correlativa, se for uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente aprendidas.

A aprendizagem Proposicional Subordinante ocorre quando uma nova proposição se pode

relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que se podem subsumir de igual modo. Finalmente, a aprendizagem Proposicional Combinatória refere-se a situações em que uma proposição potencialmente significativa não se pode relacionar com ideias específicas subordinantes ou subordinadas da estrutura cognitiva do aprendiz, mas pode relacionar-se a uma combinação de conteúdos geralmente relevantes, bem como a outros menos relevantes, em tal estrutura. A maioria da aprendizagem Proposicional é, obviamente, de Subsunção ou Combinatória. (p. 3).

2.3 Tipos de Aprendizagem Significativa

O tipo de aprendizagem significativa, segundo David Ausubel, (**Representacional, Conceitual e Proposicional**) é classificado quanto ao grau de complexidade da aprendizagem do novo conceito.

A **Aprendizagem Representacional** aproxima-se da aprendizagem por memorização, pois este tipo atribui nome e/ou símbolo a determinado objeto ou fenómeno. Quando a aprendizagem representa uma generalização de um evento ou objeto, isto é, apresenta abstrações ou propriedades de atributos regulares de um evento ou objeto, há uma **Aprendizagem Conceitual**; este tipo de aprendizagem é dominante no período escolar. Neste sentido, a combinação da compreensão de conceitos dos significados e de ideias de objetos e de fenómenos em forma de proposição tem-se a **Aprendizagem Proposicional**. (Ausubel, 2003; Moreira, 2000).

2.4 Formas de Aprendizagem Significativa

Do mesmo modo acontece com a forma de aprendizagem significativa dos novos conceitos. A maneira como o subsunçor relaciona-se ao novo conceito, de forma hierárquica na estrutura cognitiva pode ocorrer das seguintes formas: **Subordinada, Superordenada** ou **Combinatória**.

A **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada** ocorre quando o novo conceito é parte do conceito já existente na estrutura cognitiva, isto é, o novo conceito é parte do subsunçor. Sendo assim, esta forma de aprendizagem pode apresentar-se como correlativa ou derivativa. A **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Correlativa** ocorre quando o novo conceito é parte da estrutura cognitiva existente, os subsunçores, e a **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Derivativa** ocorre quando o novo conceito é ensinado posteriormente aos conceitos que foram ensinados previamente.

3 | O CONCEITO DE ENERGIA

O conceito de energia é vasto e ao mesmo tempo pode ser resumido na capacidade que um corpo tem de realizar trabalho, i.e., capacidade que um corpo tem de agir. Esta energia se conserva, entretanto, ela pode se transformar em outro tipo de energia. Isto é, a energia inicial de um sistema é igual à energia final do mesmo (INSTITUTO DE FÍSICA, UFRGS, 2004).

3.1 Energia Cinética

A palavra cinética vem do grego, *kinetikós*, significa mudança, agitação, mutação, movimento (DPLP, 2013). Neste caso, energia cinética significa que é a energia ligada ao movimento, à agitação. Por isso, a energia cinética, que tem como principal variável a velocidade, também está relacionada ao trabalho realizado por um corpo.

Um corpo realiza trabalho quando uma força resultante move o corpo a uma determinada distância em relação a um ponto referencial. Na cena de um barco se afastando do cais em direção ao horizonte pode-se compreender que o **barco** (corpo) de **massa m** se afastando a uma **distancia d** do cais (referencial inercial) a uma **velocidade v**, tem variação da **energia cinética** que por sua vez realiza **trabalho**. Se colocar um ponto referencial dentro do barco, diz-se que o barco não realizou trabalho, pois não variou a velocidade e nem tão pouco a energia cinética.

E, quando a partícula ou corpo estão em repouso em relação a um referencial inercial a velocidade do corpo é considerada nula e neste caso não realiza trabalho. A equação que mostra a forma matemática da energia cinética é dada pela Equação 15.

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

A

Equação 1

A Equação 15 mostra a dependência da energia cinética com a velocidade e a massa do sistema. Dessa forma, chama-se de Energia a capacidade de realizar trabalho (NUSSEINZVEIG, 2002, p.109) como mostra a Equação 2:

$$W_{total} = E_{Ci} - E_{Cf} = \Delta E_C.$$

Equação 2

Para ilustrar o que Nussenveig (2002) diz, pode-se utilizar um corpo de massa m e velocidade variável v , em uma direção, sob a ação de uma força constante (F). Pela segunda lei de Newton, Equação 3 abaixo,

$$\vec{F} = m\vec{a}.$$

Equação 3

Tem-se que a aceleração constante pode ser dada pela relação da equação de Torricelli $v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \Delta x$. Ao isolar a aceleração no primeiro membro, tem-se a seguinte relação:

$$a_x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}.$$

Equação 4

Substituindo a Equação 4 na Equação 3, na direção do eixo x , que é a força resultante do sistema, têm-se as seguintes relações:

$$F = ma_x = m \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}.$$

Equação 5

Daí vem a relação do trabalho com a energia cinética, pois o trabalho de uma partícula é descrito na Equação 6 abaixo, cuja incógnita d é igual ao deslocamento que

o corpo percorreu no sentido da força.

$$\tau = Fd = F\Delta x.$$

Equação 6

Substituindo a Equação 5 na Equação 6, tem-se a relação da energia cinética com o trabalho.

$$\tau = m\frac{v_f^2}{2} - m\frac{v_i^2}{2} = \Delta E_c$$

Equação 7

Desta forma, tem-se a definição de energia cinética em relação ao trabalho realizado pela força resultante sobre a partícula a qual fornece a variação da energia cinética da partícula. (FREEDMAN e YOUNG, 2003, p. 165).

3.2 Energia Potencial Gravitacional e Energia Potencial Elástica

A energia potencial está relacionada à posição relativa do sistema físico e não com o movimento, ou seja, é a energia da configuração do sistema físico.

Como exemplos de energia potencial, podemos citar a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica. Existe energia potencial gravitacional visto que em um sistema físico constituído de um corpo e o planeta Terra, por exemplo, temos a posição relativa entre esses dois corpos, dada pela grandeza altura, e a atração gravitacional entre tais corpos, representada pela aceleração da gravidade. Existe energia potencial elástica visto que em um sistema físico constituído de um corpo e uma mola temos a posição relativa entre estes dois objetos, dada pela grandeza espacial que caracteriza a deformação da mola (frisemos que nesse caso, na deformação da mola e na junção do corpo com a mola está presente a interação eletromagnética).

Energia Potencial Gravitacional

Para ilustrar este tipo de energia, imagina-se um prédio de 50 andares. Você precisa ir ao 45º andar e tem duas opções de escolha: ir pelas escadas ou pelo elevador. Do ponto de vista do esforço físico da pessoa (da vivência do dia-a-dia), existirão diferentes considerações de esforço físico. Do ponto de vista do sistema físico constituído pela pessoa e o planeta Terra a situação é equivalente para as duas opções, visto que a pessoa possuirá velocidade em relação à superfície da Terra e, além disso, nas duas opções, existirá uma posição relativa entre a pessoa e a superfície do planeta; ademais, nas duas opções estará presente a interação gravitacional. No entanto, em geral, a pessoa escolhe a opção do elevador, pois fará um menor esforço. Assim, a expressão da energia potencial gravitacional, independente das opções, é dada por:

$$E_{Pgrav} = mgh$$

Equação 8

A Equação 8 mostra a expressão matemática da energia potencial. Como você preferiu ir de elevador do térreo ao 45º andar, adotando a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e considerando a altura h igual a 135m e m sua a massa, tem-se que a

sua energia potencial será igual a

$$E_{Pgrav} = m10.135.$$

Equação 9

Se você fosse utilizar as escadas iria ganhar energia potencial a cada andar que subisse, também havendo energia cinética, pois estaria em movimento em relação à superfície da Terra, mas haveria gasto de energia térmica através do suor (no caso da opção pelo elevador, também existiria energia cinética, pois o elevador, juntamente com você, se move com uma velocidade em relação à superfície da Terra, no entanto não haveria gasto de energia térmica através do suor). Portanto se quiser consumir energia térmica dissipando-a (gastá-la) seria melhor utilizar as escadas, mas como nos interessa apenas a energia potencial, logo é melhor utilizar o elevador.

Energia Potencial Elástica

Assim como a energia potencial gravitacional está relacionada com a altura do corpo em relação à superfície de um planeta, a energia potencial elástica está relacionada à deformação de molas e elásticos em relação a algum corpo a eles conectado.

Esta deformação modifica a configuração do sistema (constituído pela mola ou elástico e o corpo) devido à presença da interação eletromagnética, logo a deformação modifica a quantidade de energia necessária para manter a configuração atual.

A expressão para a energia potencial elástica é dada por:

$$E_{Pelástica} = \frac{kx^2}{2}$$

Equação 10

onde k representa a constante elástica e x a deformação.

3.3 Energia Mecânica

A transformação da energia cinética em energia potencial ou vice-versa em um sistema é determinada pelo fato de que a energia potencial é uma energia acumulada no sistema físico e a energia cinética é a energia do movimento do sistema físico. Dessa forma, o movimento muda a configuração do sistema e, por seu turno, a configuração do sistema físico, devido à existência de alguma interação, ao se alterar, altera o movimento. Em outras palavras, quando em um sistema existe uma força atuante então a energia cinética estará associada ao trabalho realizado por esta força e, por sua vez, esse trabalho realizado estará associado à força e à posição do corpo (FREEDMAN e YOUNG, 2003; NUSSENZVEIG, 2002).

A soma da energia cinética e da energia potencial é igual à outra energia, que está ligada ao sistema e é denominada energia mecânica. Pode-se tomar como exemplo o *looping* da Figura 4, onde os pontos A e B são pontos onde a energia cinética e a velocidade de um carrinho são mínimas. Em cada ponto da trajetória a energia cinética se converte em energia potencial gravitacional e vice-versa, contudo, a energia mecânica total em cada ponto tem o mesmo valor.

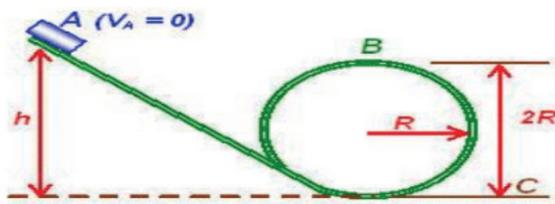


Figura 4: Exemplo de looping.

Em outro exemplo, temos uma partícula num campo gravitacional uniforme. Quando apenas a aceleração da gravidade realiza trabalho, então a energia mecânica total do sistema é constante. Se observar cada ponto desta partícula, podemos perceber que em alguns pontos a energia potencial e a energia cinética são iguais, em outros quando uma é mínima a outra é máxima, de maneira tal que a energia mecânica do sistema é considerada conservada.

A expressão da energia mecânica de um sistema físico é dada por:

$$E_m = E_c + E_p, \quad \text{Equação 11}$$

onde E_c é a energia cinética dada pela Equação 1 e E_p é a energia potencial, podendo ser uma composição da energia potencial gravitacional, Equação 8, com a energia potencial elástica, Equação 10.

3.4 Conservação da Energia

Quando uma reação química é realizada num recipiente fechado, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes” (Lavoisier, apud PERUZZO e CANTO, 2010, p. 58). Essa lei de conservação da massa de Lavoisier é expressa de forma simplificada da seguinte maneira: ‘Nada se perde, nada se cria, tudo se transforma’. Como massa é energia condensada, considerando os estudos de Albert Einstein no século XX, então a lei citada indica a lei de conservação de energia.

Nesse contexto, Feynmann (2008) relaciona a conservação da energia como uma quantidade de cubos iguais e indestrutíveis, sendo um total de 28 cubos idênticos. Uma criança brinca com esses cubos de todas as formas possíveis a ponto de espalhá-los por toda a casa, mas no final do dia, a mãe da criança procura os cubos e conta-os, percebendo que está faltando alguns cubos. Então os procura e faz a contagem novamente e ela se assegura que a quantidade de cubos é a mesma do início da brincadeira do filho. A quantidade de cubos foi conservada, mesmo tendo perdido alguns momentaneamente, mas, ao fim, a quantidade inicial foi igual à quantidade final de cubos. É isso que acontece com a lei de conservação da energia, no final, a quantidade inicial é igual à quantidade final não importando a posição do sistema físico.

E para melhor compreensão, Freedman e Young (2010) afirmam que uma grandeza é conservada quando ela possui sempre o mesmo valor. Deste modo, então,

fica patente que a energia mecânica do sistema ou do corpo é conservada pois ele possui o mesmo valor durante o processo físico. Considerando os cubos de Feynman (2008), a soma dos cubos é conservada, isto é, a soma da quantidade de cubos no início é igual à quantidade de cubos no final. Se os cubos forem escondidos embaixo da mesa ou atrás do sofá ou no alto da estante, a quantidade de cubos será a mesma apenas mudará a disposição de cubos. Assim, se comparar a energia mecânica aos cubos, ter-se-á a mesma conservação, a mesma quantidade da conservação da energia mecânica.

Do ponto de vista matemático, a expressão da lei de conservação da energia mecânica se escreve como segue:

$$E_{M_{inicial}} = E_{M_{final}} \quad \text{Equação 12}$$

Considerando a Equação 11 e as equações que definem as energias cinética e potencial, podemos escrever leis de conversão entre tais energias. A conversão de energia cinética em energia potencial gravitacional, usando a Equação 11 e a Equação 8, é dada por:

$$\frac{mv_{inicial}^2}{2} + mgh_{inicial} = \frac{mv_{final}^2}{2} + mgh_{final} = \text{constante}. \quad \text{Equação 13}$$

A conversão da energia cinética em energia potencial elástica, usando a Equação 11 e a Equação 10, é dada por:

$$\frac{mv_{inicial}^2}{2} + \frac{Kx_{inicial}^2}{2} = \frac{mv_{final}^2}{2} + \frac{Kx_{final}^2}{2} = \text{constante}. \quad \text{Equação 14}$$

De acordo com Pietrocola (2010) o conceito de energia mecânica participa do processo de forma puramente mecânica quando tratamos sistemas como conservativos, i.e., onde a matéria não perde energia, ou seja, a energia mecânica do sistema é sempre constante.

4 | A ENERGIA E A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

4.1 Tipos de aprendizagem significativa

O tipo de aprendizagem significativa segundo David Ausubel (**Representacional, Conceitual e Proposicional**) é classificado quanto ao grau de complexidade da aprendizagem do novo conceito. Para ilustrar a teoria, toma-se como exemplo o conceito de **Energia Cinética**.

REPRESENTACIONAL => um objeto (com massa) em movimento (com velocidade) porta energia de movimento, isto é, energia cinética. Nesse caso, seguindo Moreira (2000, p. 21) “se estabelece uma equivalência, em significado, entre um símbolo [a energia cinética] e um referente [o objeto em movimento]”;

CONCEITUAL => diferentes objetos (com massa) em movimento (com velocidade) portam energia de movimento, i.e., energia cinética. Neste caso, seguindo Moreira (2000, p. 21) a aprendizagem é conceitual, pois “a equivalência se estabelece entre o

símbolo [a energia cinética] e os atributos criteriais comuns a múltiplos exemplos de referentes [diferentes objetos em movimento]”;

PROPOSICIONAL=> o conceito aprendido anteriormente de ‘objetos em movimento portam energia cinética’ é estabelecido proposicionalmente (Moreira, 2000, p. 22) com a seguinte proposição: energia cinética é igual ao produto da massa pelo quadrado da velocidade dividido por dois, expresso pela Equação 1, reescrita como:

$$E=(1/2)mv^2 \qquad \text{Equação 15}$$

Com isso, pode-se fazer a seguinte interpretação: a aprendizagem significativa **Representacional** pode ser confundida com a aprendizagem mecânica, entretanto se diferencia pela forma que o conceito é aprendido. A sutileza da diferença entre elas está na maneira que o conceito que foi aprendido é resgatado numa necessidade. Se na aprendizagem mecânica um conceito é armazenado na memória curta, então ele é logo esquecido, de outra forma, na aprendizagem significativa representacional o novo conceito é resgatado de maneira não-literal, pois são apenas guardados no cognitivo os símbolos individuais, as palavras (Moreira, 2009).

A aprendizagem do tipo **Conceitual** é um tipo de aprendizagem representacional generalizada, porque engloba a aprendizagem do tipo representacional. Tomando o exemplo da **Energia Cinética**, o aluno aprende que qualquer objeto em movimento porta energia cinética.

Na aprendizagem do tipo **Proposicional** o conceito de **Energia cinética** é o mais complexo porque engloba o tipo conceitual ao estabelecer a proposição da expressão da energia cinética dada pela Equação 15.

4.2 Formas de Aprendizagem Significativa

Do mesmo modo acontece com a forma de aprendizagem significativa dos novos conceitos.

A maneira como o subsunçor relaciona-se ao novo conceito, de forma hierárquica na estrutura cognitiva pode ocorrer das seguintes formas: subordinada, superordenada ou combinatória.

Aprendizagem Significativa Subordinada

A aprendizagem subordinada tem um subsunçor ancorado a um conceito ou uma ideia menos geral e menos inclusivo. O novo conceito é submetido ao subsunçor porque é uma variação específica do subsunçor. Em outras palavras, o novo conceito é uma especificidade do subsunçor.

Por exemplo, se o conteúdo a ser ensinado for Energia Mecânica e como subsunçores forem utilizados os conceitos de ‘Energia Cinética’ e ‘Energia Potencial’ (observando que na estrutura cognitiva do educando existem outros subsunçores que podem se relacionar com a energia, sendo alguns potencialmente significativos, a exemplo do ‘movimento’ e da ‘posição’ de um objeto e a ‘noção cotidiana de

isolamento’, e outros que não são potencialmente significativos, a exemplo da ‘energia química’ e ‘energia térmica’), tem-se o novo conceito *Energia Mecânica*. Dessa forma, o novo conceito é parte do conjunto de subsunçores visto que a Energia Mecânica é aquela energia associada com o movimento (Energia Cinética) e a posição (Energia Potencial) de um objeto, sendo que, para diferenciá-la das outras formas de energia, devemos assumir somente que temos um sistema isolado. Como o conceito da Energia Mecânica é uma elaboração e uma qualificação dos subsunçores ‘Energia Cinética’ e ‘Energia Potencial’, que foram aprendidos recentemente, temos a **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Correlativa**, pois o novo conceito (Energia Mecânica) é parte da estrutura cognitiva existente, os subsunçores ‘Energia Cinética’, ‘Energia Potencial’, ‘movimento’, ‘posição’, noção cotidiana de isolamento’, ‘energia química’ e ‘energia térmica’ e o aluno fará uma diferenciação progressiva destes, a partir da informação do professor (existência de um sistema isolado), elaborando-os e qualificando-os (YAMAZAKI, 2008, p.07).

Da mesma forma, temos a seguinte situação: se for ensinado o novo conceito de **Trabalho** como a variação de Energia Cinética, posteriormente aos conceitos de **Energia Cinética** e de **Força**, previamente ensinados, então teremos o tipo de **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Derivativa**. Isso ocorre, pois o aluno, tendo como subsunçores os conceitos de ‘Energia Cinética’, ‘Força’, ‘deslocamento’, e ‘noção cotidiana de variação’, exemplifica a ideia de ‘Variação de Energia Cinética’, denominando-a por ‘Trabalho’ realizado pela força durante o respectivo deslocamento, fazendo uma diferenciação progressiva destes, a partir da informação do professor (de que a força ao agir sobre um corpo provoca uma variação da sua velocidade) (YAMAZAKI, 2008, p.07).

Aprendizagem Significativa Superordenada

Aprendizagem significativa superordenada é o inverso da aprendizagem significativa subordinada. O novo conceito passa a incluir os conhecimentos anteriores, os subsunçores.

Por exemplo, têm-se os subsunçores velocidade e massa aos quais se podem ancorar o novo conceito de Energia Cinética. Como a Energia cinética é a energia que está associada ao movimento de um corpo, então no movimento desse corpo existem a massa e a velocidade. Dessa forma, os conteúdos de Cinemática que foram estudados anteriormente, serão utilizados como SUBSUNÇORES para aprender o novo conceito ENERGIA CINÉTICA. O novo conhecimento engloba os subsunçores previamente aprendidos. Nesta forma de aprendizagem, o subsunçor é parte específica do novo conceito. Assim, temos a **Aprendizagem Significativa Proposicional Superordenada**, onde o aluno fará uma reconciliação integrativa entre os subsunçores que estavam inicialmente separados na estrutura cognitiva do aluno (velocidade e massa) (YAMAZAKI, 2008, p.07).

Aprendizagem Significativa Combinatória

Já a aprendizagem significativa combinatória não tem uma relação de hierarquia entre o subsunçor e o novo conceito. Segundo Moreira (2000) a nova proposição não pode ser assimilada por outras (ela será reconciliada integrativamente), pois é um processo em que não há relação de subordinação e nem tão pouco de superordenação. Como exemplo, temos o princípio de equivalência entre massa e energia na relatividade restrita (MOREIRA, 2000, p.31).

Outro exemplo pode ser dado como segue. Se o conteúdo a ser ensinado for Conservação de Energia Mecânica e como subsunçores forem utilizados os conceitos de ‘Energia Mecânica’, ‘Energia Cinética’, ‘Energia Potencial’ e ‘noção cotidiana de conservação’ (ainda que na estrutura cognitiva do educando existam outros subsunçores que não são potencialmente significativos, mas que se relacionam com energia, a exemplo da energia química), tem-se o novo conceito *Conservação da Energia Mecânica*. No entanto, a ideia nova (Conservação da Energia Mecânica) e as idéias já estabelecidas (*Energia Mecânica, como a soma da Energia Cinética com a Energia Potencial*, Equação 11; e a noção cotidiana de conservação) não estão relacionadas hierarquicamente, situando-se em um mesmo nível hierárquico, de tal forma que uma (a Conservação da Energia Mecânica) não é mais específica (subordinada) nem mais inclusiva (superordenada) que a outra (Energia Mecânica e a noção cotidiana de conservação). Dessa forma, temos a **Aprendizagem Significativa Proposicional Combinatória**, onde o aluno fará uma reconciliação integrativa entre os subsunçores que estavam inicialmente separados na sua estrutura cognitiva (Energia Mecânica e ‘noção cotidiana de conservação’) (YAMAZAKI, 2008).

Energia Aprendizagem	Energia Cinética	Energia Potencial	Energia Mecânica
Representacional	Um objeto (com massa) em movimento (com velocidade) porta energia de movimento, isto é, energia cinética. Nesse caso, seguindo Moreira (2000, p. 21)	Um objeto (com massa) em uma determinada configuração (posição) está sob a ação da gravidade local, possui energia potencial, isto é, energia armazenada no sistema objeto-referencial.	Um objeto em movimento (velocidade e massa) sob a ação da aceleração da gravidade (g) possui energia mecânica em cada ponto da sua trajetória (posição).
Conceitual	Diferentes objetos (com massa) em movimento (com velocidade) portam energia de movimento, i.e., energia cinética.	Diferentes objetos ou sistemas de objetos (com massa) possuem determinadas configurações (posição), sob ação da aceleração da gravidade local, portam energia potencial, i.e., energia armazenada.	Diferentes objetos em movimento (velocidade e massa) sob a ação da aceleração da gravidade (g) possui energia mecânica em cada ponto da sua trajetória (posição).
Proposicional	$E_c = (1/2)mv^2$	$E_p = mgh$	$E = E_c + E_p$

Quadro. 1 Estudo de Energia a partir da Teoria de Aprendizagem Significativa.

5 | CONCLUSÃO

O uso da TAS pode atender a necessidade de ensino/aprendizagem do conteúdo Energia no Ensino médio quando utiliza-se os conhecimentos prévios dos estudantes, isto é, a ferramenta importante é o conteúdo que o estudante já sabe, o qual é utilizado como subsunçor para ancorar o novo conceito. O Quadro. 1 apresenta a relação da TAS com ao conteúdo de Energia, sob a perspectiva da TAS de David Ausubel em que uma complementa a outra, quanto a avaliação da aprendizagem significativa do conteúdo de Física. Sendo assim, a TAS pode ser utilizada para outros conteúdos de Ciências, tanto no ensino teórico, quanto no ensino experimental na sala de aula. O Quadro. 1 pode ser utilizado como modelo para fazer análise de aprendizagem significativa com outros conteúdos de Ciências. Vale ressaltar que é uma avaliação cognitiva e o uso de mapas conceituais e análise discursiva dos estudantes dão informações quanto à aprendizagem, além de perceber através deste o esquema cognitiva e a disposição teórica e filosófica do que se quer avaliar.

Este trabalho foi utilizado para analisar experimentos de Física como organizadores prévios, na sala de aula da educação básica, cuja informação do Quadro. 1 foi utilizada para estudar os resultados. Esta parte do trabalho será publicada posteriormente.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Instituto de Física, Paralelo, 1ª edição, Lisboa, Portugal, 2003.
- DPLP - DICIONÁRIO PRIBERAM DA LÍNGUA PORTUGUESA. Priberam Informática, 2013. <http://www.priberam.pt/dlpo/>.
- FEYNMAN, Richard P. **Conservação da Energia in Lições de Física**. V. 01. Porto alegre: Bookman, 2008, pp.
- INSTITUTO DE FÍSICA, UFRGS. **Energia**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. In: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20042/gabriel/ENERGIA.HTM>.
- MACHADO, Marcelo Araujo; OSTERMANN, Fernanda. Textos e Apoio ao Professor de Física: Unidades Didáticas para Formação de Docentes das Séries Iniciais do Ensino Fundamental. V.17, nº06, UFRGS, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizaje Significativo: Teoría y Práctica**. Madrid: Visor. 2000.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. *Revista Chilena de Educación Científica*. Porta Alegre, Vol. 7, N°. 2, 2008, p. 23-30.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: a teoria da aprendizagem significativa**. Instituto de Física, UFRGS, 1ª edição Porta Alegre, Brasil, 2009.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas v e unidades de ensino potencialmente significativas**. VIII Reunião Latino-Americana sobre Ensino de Física Salvador, 03 a 07 de Nov. de 2014, p. 05-54

NARDI, Roberto. **A educação em ciências, a pesquisa em ensino de ciências e a formação de professores no Brasil. Tecne, Episteme y Didaxis**, Bogotá, Colômbia, Vol. Extra, p. 19-23, 2003.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Trabalho e Energia in Curso de Física Básica**. V.01, Edgard Blücher, São Paulo, 4ª Ed. 2002.

OSTERMANN, F. & CAVALCANTI, C. **Teorias da aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf. 2011.

PEREIRA, G. S.; M. S. R. MILTÃO. **Uma Proposta de Apresentação do Conceito de Energia Usando a Teoria da Aprendizagem Significativa**. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos - SP. XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017. In: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1318-2.pdf>.

PERUZZO, F. M., CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. V. 01, 4ª Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos: Pessoal, Social e Históricos: Energia, Calor, Imagem e Som**. Vol. 2, 1ª ed. São Paulo, 2010.

RIBEIRO, M. S.; FREITAS, D. S.; MIRANDA D.E. **A Problemática do Ensino de Laboratório de Física na UEFS**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 19, no. 4, dezembro, 1997.

SANTANA, Edcarlos da Silva. **Estudo Sobre as Concepções Espontâneas no Ensino de Física: Um Esboço para a Compreensão das Ideias dos Estudantes**. UEFS, Feira de Santana, 2009.

SILVA, Fernando Marcos; FURTADO, Wagner Wilson. **Mediação Computacional Como Fator de Motivação e de Aprendizagem Significativa no Ensino de Ciências do 9º Ano: Tópicos de Astronomia**. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V2(1)*, pp. 1-20, 2012.

SILVEIRA, T. M.; MILTÃO, M. S. R. **Temperatura do universo: uma proposta de conteúdo para estudantes do nível fundamental utilizando mapas conceituais**. *Experiências em Ensino de Ciências – V5(1)*, pp. 97-123, 2010.

VALÉRIO, Marcus. **Teoria da Aprendizagem. Departamento de Psicologia, Disciplina: Aprendizagem e Ensino**. UnB, Brasília, 1999. Acessado em 15 de Julho de 2013. <<http://www.xr.pro.br/monografias/ausubel.html>>.

YAMAZAKI, Sérgio Choiti. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel**. Material preparado para disciplina de estágio supervisionado em ensino de física I, UEMGS – 2008.

YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A. **Mecânica in Física I**. 10º ed. Pearson Education do Brasil. São Paulo, 2003.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-209-8

