

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**ABORDANDO ASSUNTOS DA HIDROSTÁTICA PARA ALUNOS DE
ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA COM O USO DE EXPERIMENTOS DE
BAIXO CUSTO**

Alinne Pires da Silva

CATALÃO

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese

2. Nome completo do autor

Alinne Pires Silva

3. Título do trabalho

ABORDANDO ASSUNTOS DA HIDROSTÁTICA PARA ALUNOS DE ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COM O USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 18/04/2022, às 13:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **ALINNE PIRES DA SILVA, Discente**, em 18/04/2022, às 15:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543](#),



[de 13 de novembro de 2020.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0,
informando o código verificador **2839938** e o código CRC **84A96367**.

ALINNE PIRES DA SILVA

**ABORDANDO ASSUNTOS DA HIDROSTÁTICA PARA ALUNOS DE
ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA COM O USO DE EXPERIMENTOS DE
BAIXO CUSTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação-Unidade Acadêmica Especial de Física- como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Dr. Jalles Franco Ribeiro da Cunha

Catalão

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Silva, Alinne Pires

ABORDANDO ASSUNTOS DA HIDROSTÁTICA PARA ALUNOS DE ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COM O USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO / Alinne Pires Silva. - 2022.
110, CX f.

Orientador: Prof. Jalles Franco Ribeiro da Cunha.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede, Catalão, 2022.

1. Hidrostática. 2. Ensino de Física. 3. Aprendizagem Significativa Crítica. I. Cunha, Jalles Franco Ribeiro da, orient. II. Título.

CDU 53



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 01 da sessão de Defesa de Dissertação de **Alinne Pires da Silva**, que confere o título de **Mestra em Ensino de Física**, na área de concentração **Física na Educação Básica**.

Aos **doze dias do mês de abril de dois mil e vinte dois**, a partir das 14:00 horas, na sala virtual do Google Meet, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“ABORDANDO ASSUNTOS DA HIDROSTÁTICA PARA ALUNOS DE ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COM O USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO”** nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Jalles Franco Ribeiro da Cunha (UAEF/UFCat) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Clóvis Gonçalves Rodrigues (PUC/GO), membro titular externo; Professor Doutor Mauro Antonio Andreato (UAEF/UFCat), membro titular interno, Eduardo Sergio de Souza (UAEF/UFCat), membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata (x) **Aprovada** () **Reprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Jalles Franco Ribeiro da Cunha, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao vinte dias do mês de abril de dois mil e vinte dois. Observações:

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Clóvis Gonçalves Rodrigues, Usuário Externo**, em 05/05/2022, às 12:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Sérgio De Souza, Professor do Magistério Superior**, em 09/05/2022, às 08:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 09/05/2022, às 12:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mauro Antonio Andreato, Professor do Magistério Superior**, em 09/05/2022, às 14:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=3113932&infra_sistema=10000100&... 1/2

09/05/2022 14:35

SEI/UFMG - 2875154 - Ata de Defesa de Dissertação



https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0,
informando o código verificador **2875154** e o código CRC **28061EC5**.

Referência: Processo nº 23070.019001/2022-13

SEI nº 2875154

AGRADECIMENTOS

A Deus que é meu porto seguro, minha fortaleza e minha torre forte em meio as adversidades.

Ao meu querido filho Davi Augusto Pires Teles que é a minha motivação diária e que suportou minha ausência com tanto equilíbrio, apesar da pouca idade.

À minha mãe Cleonir e à minha irmã Thaísa que sempre me incentivaram, me deram suporte e me ofereceram bálsamo nos momentos de angústia.

Ao meu ex companheiro Márcio Júnior pelo suporte, apoio e incentivo prestados desde o início dessa caminhada e por sua dedicação com o nosso pequeno durante a minha ausência.

À minha madrinha, Cleone por todo encorajamento e esteio.

Aos meus companheiros de viagem Rafael Henrique e Reinaldo Júnio por tornar a trajetória mais tênue.

À minha companheira de quarto Érica Aparecida pelas angústias, inseguranças e medos divididos.

Aos meus colegas de sala por partilhar as incertezas e os aguilhões dessa nova caminhada.

Aos meus familiares, tios, tias, primos, primas que sempre acompanharam de perto minhas conquistas acadêmicas e às minhas amigas por entenderem o meu afastamento nesse período.

Ao meu orientador, professor Doutor Jalles Franco Ribeiro da Cunha, por sua boa vontade, disponibilidade e acessibilidade durante este trabalho.

À Capes pelo apoio oferecido ao programa.

À Manuella Hungria Nunes Ribeiro pela assistência e companheirismo no período mais crítico de desenvolvimento dessa dissertação.

Ao Cristiano e ao Alex pelo auxílio, paciência e colaboração no desenvolvimento dos experimentos.

Ao corpo docente deste programa, em especial à professora Doutora Ana Rita (in memoria) a quem muito me ajudou e me encorajou no início desta aventura.

Ao meu colega e ex-aluno Douglas Gomes pelo auxílio e presteza de sempre.

Ao meu ex-aluno Lucas Silva pela ajuda e assistência.

A todos alunos e ex-alunos que participaram da aplicação deste produto permitindo assim que este trabalho se desenvolvesse.

Aos professores Kelvin, Vagnilton e Douglas que fizeram a divulgação, via redes sociais, das aulas.

Aos meus companheiros do Colégio e da Escola Monsenhor Angelino por todo incentivo e compreensão, em especial à Alessandra e ao Ronaldo.

RESUMO

O Ensino de Física dentro dos parâmetros da aprendizagem mecânica tem se mostrado ineficaz. Faz-se necessário uma aprendizagem centrada no aluno enquanto ser pensante e atuante na sociedade em que vive. A teoria da aprendizagem significativa crítica preconiza que um ensino potencialmente significativo pode facilitar o desenvolvimento cognitivo do estudante. A aprendizagem significativa crítica também considera o conhecimento prévio como um dos principais fatores para o êxito no processo ensino-aprendizagem. Assim, o objetivo deste trabalho é aplicar alguns princípios programáticos abordados por tal teoria em aulas de hidrostática com a utilização de materiais de baixo custo e fomentar um maior interesse nos alunos. As estratégias aplicadas objetivam fazer com que os estudantes conheçam alguns conceitos físicos relacionados à temática e identifiquem esses fenômenos em situações corriqueiras. Desta forma, desenvolveu-se uma sequência didática pautada em aulas experimentais e que apliquem os princípios programáticos da teoria da aprendizagem significativa crítica. Por causa da pandemia da Covid-19, a sequência didática foi aplicada por meio da plataforma Zoom e contou com a participação de alunos da rede pública e particular das cidades de Inhumas, Goianira e Santo Antônio de Goiás.

Palavras-chave: Ensino de Física. Hidrostática. Teoria da aprendizagem significativa crítica.

ABSTRACT

The Physics Teaching within the parameters of mechanical learning has been shown to be ineffective. Learning centered on the student as a thinking and acting being in the society in which they live is necessary. Critical Meaningful Learning Theory advocates that potentially meaningful teaching can facilitate student cognitive development. Critical meaningful learning also considers prior knowledge as one of the main factors for success in the teaching-learning process. Thus, the objective of this work is to apply some programmatic principles addressed by such theory in hydrostatics classes with the use of low-cost materials and encourage greater interest in students. The applied strategies aim to make students know some physical concepts related to the subject and identify these phenomena in everyday situations. In this way, a didactic sequence was developed based on experimental classes and that apply the programmatic principles of the theory of critical significant learning. Because of the Covid-19 pandemic, the didactic sequence was applied through the Zoom platform and had the participation of students from the public and private network of the cities of Inhumas, Goianira and Santo Antônio de Goiás.

Keywords: Physics Teaching, Hydrostatic, Critical Meaningful Learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel.

Figura 2 - Um mapa conceitual para a teoria da aprendizagem significativa.

Figura 3 - A aprendizagem significativa na visão humanista de Novak.

Figura 4 - A concepção de Gowin para a aprendizagem significativa.

Figura 5 - A aprendizagem significativa em uma visão cognitiva contemporânea.

Figura 6 - A visão da progressividade e da complexidade da aprendizagem significativa.

Figura 7 - A aprendizagem significativa na perspectiva autopoietica

Figura 8 - O diagrama AVM desenvolvido por Araújo, Veit e Moreira.

Figura 9 - Um esquema teórico para os princípios programáticos.

Figura 10 - Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica.

Figura 11 - Hipotético sistema de coordenadas formado pelos eixos aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa e aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta.

Figura 12 - Forças normais exercidas por um fluido em um elemento infinitesimal de área

Figura 13 - Cilindro imaginário no interior de um líquido

Figura 14 - A força gravitacional atua no cilindro no sentido negativo do eixo y.

Figura 15 - Força que surge na parte superior do cilindro.

Figura 16 - Força que surge na parte inferior do cilindro.

Figura 17 - Sistema de Vasos Comunicantes

Figura 18 - Ponto A na superfície de um fluido e ponto B que dista h do ponto A.

Figura 19 - Esquema de um elevador hidráulico.

Figura 20 - Cilindro imaginário dentro de um líquido contido em um recipiente.

Figura 21 - Relação entre o Peso e o Empuxo e a posição ocupada por um determinado corpo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Cronograma de Aulas Práticas e Teóricas

Tabela 02: Valores para a massa específica de algumas substância

Tabela 3: Elaborada pela própria autora baseada no livro de Física do sistema Bernoulli, volume 1, página 118.

Tabela 4: Conversão entre as unidades de pressão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2. Aprendizagem Significativa.....	16
2.1 Visão geral.....	16
2.2 A aprendizagem significativa segundo a visão cognitiva clássica.....	16
2.3 A aprendizagem significativa na visão humanista.....	20
2.4 A aprendizagem significativa na visão interacionista social.....	21
2.5 A visão cognitiva contemporânea.....	22
2.6 Aprendizagem significativa: a visão da complexidade e da progressividade.....	23
2.7 A aprendizagem significativa na perspectiva autopoietica.....	25
2.8 A visão computacional da aprendizagem significativa.....	26
2.9 A aprendizagem significativa na concepção crítica.....	27
2.9.1 Princípio do conhecimento prévio.....	29
2.9.2 Princípio da interação social e do questionamento.....	29
2.9.3 Princípio da diversidade de materiais instrucionais.....	30
2.9.4 Princípio do aprendiz como preceptor/representador.....	30
2.9.5 Princípio do conhecimento como aprendizagem.....	31
2.9.6 Princípio da consciência semântica.....	31
2.9.7 Princípio da aprendizagem pelo erro.....	32
2.9.8 Princípio da desaprendizagem.....	32
2.9.9 Princípio da incerteza do conhecimento.....	33
2.9.10 Princípio da diversidade de estratégias de ensino.....	33
2.9.11 Princípio do abandono da narrativa.....	35
3 Tipos de aprendizagem.....	35
3.1 Aprendizagem significativa x aprendizagem mecânica.....	35
3.2 Aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta.....	37
4. Princípios Programáticos Facilitadores Da Aprendizagem Significativa.....	38
5. Estratégias Facilitadoras Da Aprendizagem Significativa.....	39
6. Esquecimento E Reaprendizagem.....	40
3. METODOLOGIA E RESULTADOS ESPERADOS.....	41
4. ESTÁTICA DOS FLUIDOS.....	42
4.1 Introdução.....	42
4.2. Massa específica.....	43
4.3 Pressão em um fluido.....	45
4.4 Pressão atmosférica.....	46

4.5 Unidades de Pressão.....	47
4.6 Princípio de Pascal.....	48
4.7 Princípio de Arquimedes.....	54
5. PRODUTO EDUCACIONAL.....	57
6. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	58
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
8. REFERÊNCIAS	63
APÊNDICE.....	67

1. INTRODUÇÃO

Em 2007, eu, uma jovem de 17 anos, ingressei na Universidade Federal de Goiás para cursar licenciatura em Física. Vinda da escola pública, no segundo semestre do curso, me deparei com um tópico dentro da disciplina Física II chamado Mecânica dos fluidos.

Um conteúdo, uma teoria totalmente nova para mim; desafiadora. Ficava observando alguns amigos próximos que estudaram o tema no Ensino Médio relacionar muito bem a teoria com a prática, apresentar uma dificuldade bem menor que a minha em resolver os exercícios.

Com o decorrer dos semestres outros conteúdos que não foram ensinados no Ensino Médio me fizeram bastante falta também: toda a Óptica Geométrica, As Leis de Kirchhoff, Gravitação, Movimento Harmônico Simples entre outros.

Eu tinha e ainda tenho uma admiração muito grande pelo meu professor de Física do Ensino Médio, ele era dedicado, amava ensinar, engraçado, cativava os alunos, mas, nesse momento, me peguei pensando sobre o porquê eu não tinha visto tais conteúdos.

Paralelamente à graduação de Física, assim que completei a maioridade, fui ministrar aula na rede pública estadual de Educação como contrato temporário. Minhas primeiras turmas foram sextos anos, da disciplina de Ciências.

Na época, ao falar sobre misturas homogêneas e heterogêneas, levei alguns materiais para a sala de aula e fiz demonstrações experimentais para os alunos. Eu não fazia ideia do quanto eles ficariam empolgados até mesmo os alunos mais trabalhosos.

No ano seguinte, comecei a dar aula para o Ensino Médio e encontrei, além dos desafios rotineiros da docência, a dificuldade em trabalhar todo o conteúdo previsto. Observei que a teoria- o que os alunos deveriam ver- e a prática- o que conseguia ser trabalhado com a quantidade de aulas disponíveis destoavam bastante.

Ainda na graduação tive contato com algumas teorias da aprendizagem e procurava aplicar as partes que eu considerava interessantes em minhas aulas.

Terminei a graduação em 2011, sempre conciliando-a com a docência. Em 2018 fiz o concurso para professor efetivo da Secretaria de Educação do Estado de Goiás e em 2019 fui efetivada e entrei para o mestrado.

Ao me deparar com a ideia de escolher um tema para o produto educacional me lembrei da minha dificuldade enquanto aluna e também enquanto docente e resolvi que iria trabalhar Hidrostática.

Esse tema geralmente não é trabalhado com os alunos da escola pública uma vez que a extensão do currículo é desproporcional ao número de aulas. Além desse fator, observei que é um tema recorrente no ENEM. Tudo isso somado ao fato de que a Hidrostática é capaz de esclarecer diversos fenômenos encontrados no cotidiano do aluno, fazendo com que ele veja a aplicação da Física e isso a torne mais palpável, me fez escolher tal tema para a elaboração do produto educacional para a minha dissertação.

Tabela 01: Cronograma de Aulas Práticas e Teóricas

Cronograma		
Aula 1-Teoria	03/08	Introdução aos conceitos iniciais. Pressão e densidade.
Aula 1-Prática	03/08	Experimentos: a bola que come alpiste, afunda ou flutua e cama de pregos.
Aula 2-Teoria	10/08	Pressão hidrostática e pressão atmosférica.
Aula 2-Prática	10/08	Experimentos: garrafa chuveirinho, amassando uma garrafa pet sem fazer força e enchendo uma bexiga sem assoprar.
Aula 3-Teoria	17/08	Vasos comunicantes. Teorema de Stevin.
Aula 3-Prática	17/08	Experimento: vasos comunicantes com garrafas pet.
Aula 4-Teoria	24/08	Princípio de Pascal.
Aula 4-Prática	24/08	Experimentos: Elevador Hidráulico e Guindaste hidráulico.
Aula 5-Teoria	31/08	Teorema de Arquimedes.
Aula 5-Prática	31/08	Experimento: calculando o empuxo.
Aula Bônus	03/09	Resoluções de questões utilizando os princípios vistos.

Fonte: elaborado pela pesquisadora

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2. Aprendizagem Significativa

2.1 Visão geral

Segundo Moreira (2011) a aprendizagem significativa é aquela na qual as ideias expressas de forma simbólica interagem de forma substantiva, ou seja, de forma não-literal e de forma não-arbitrária. Neste contexto, não-literal e não-arbitrária significa que não interage com qualquer ideia prévia, dependendo então de um conhecimento específico e relevante que já existe na estrutura cognitiva do aprendiz.

Não-arbitrária significa que o conhecimento recém adquirido não interage aleatoriamente com o conhecimento já disponível, mas com os que são pertinentes à nova aprendizagem e não-literal porque o aprendiz não assimila tudo exatamente como foi passado, faz uma assimilação híbrida com suas acepções pessoais.

Esse conhecimento específico é o que David Ausubel (2003) chama de subsunção ou ideia-âncora, que nada mais é, que, um conhecimento disponível na estrutura cognitiva de quem está aprendendo que permite dar sentido a um novo conhecimento.

De acordo com Moreira:

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2011, p. 2).

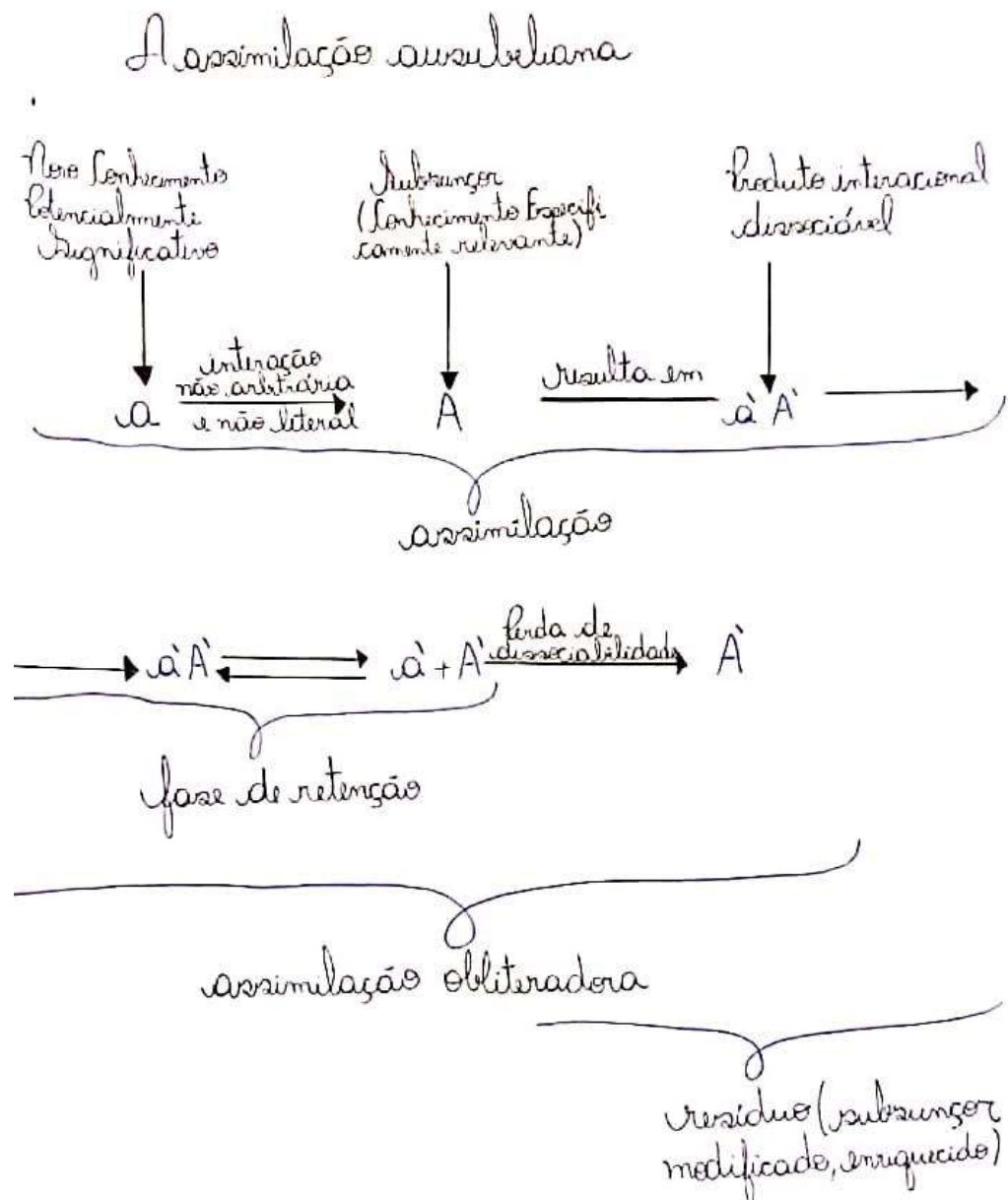
Entretanto, insta salientar que a aprendizagem significativa não quer dizer aprendizagem harmônica com o conhecimento formal, válido. Para Ausubel (2003), quando o indivíduo confere significados a um conhecimento a partir da interação de seus conhecimentos prévios, constrói a aprendizagem significativa, independentemente de esses significados serem admitidos no contexto do aprendiz.

2.2 A aprendizagem significativa segundo a visão cognitiva clássica

Na concepção cognitiva clássica, a aprendizagem significativa trata-se da interação cognitiva que não segue princípios lógicos e não usuais entre o novo

conhecimento, firmemente expressivo, e algum conhecimento preliminar, potencialmente importante, o chamado subsunçor, que existe na estrutura do aprendiz (AUSUBEL, 2003). A Figura 1 mostra esta interação.

Figura 1 - A aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel.



Fonte: Moreira 2011

A estrutura apontada na Figura 1 refere-se à *aprendizagem significativa subordinada* que é a mais comum. Entretanto, quando uma ideia potencialmente significativa mais geral e ampla dos que ideias já fixadas na estrutura cognitiva é

adquirida a partir destas, e passa a assimilá-las, a aprendizagem é chamada de *superordenada* (MOREIRA, 2011).

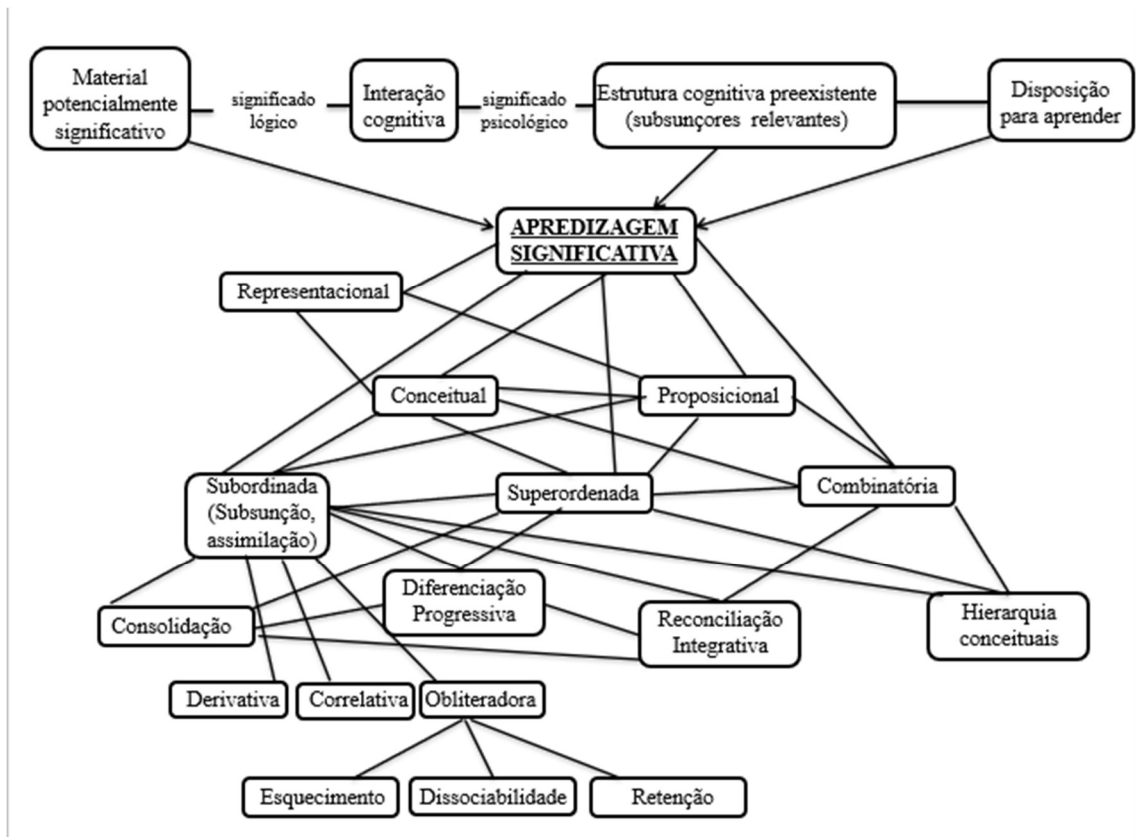
A aquisição de princípios ou ideias que não são subordináveis e, nem são capazes de sê-las a algum subsunçor é considerada *combinatória*. Assim, a aprendizagem significativa de certas leis científicas, pode sugerir esta última forma de aprendizagem, porque o entendimento da relação científica implícita à expressão linguística ou matemática da lei enseja um conhecimento mais aprofundado da área (MOREIRA, 2011).

Observando a Figura 1, percebe-se que o esquecimento é um acontecimento natural dentro da aprendizagem significativa havendo um resquício, isto é um subsunçor que sofreu modificação, sendo melhorado. Os novos conhecimentos vão sendo dissipados, integrados, mas de alguma maneira permanecem no subsunçor e isso possibilita a reaprendizagem (MOREIRA, 2011). Ao contrário do que se pensa, aprendizagem significativa não é aquela que o aprendiz nunca mais esquece mas aquela em que o conteúdo já visto pode ser lembrado, reaprendido com maior facilidade e menor intervalo de tempo.

Classicamente, se for possível isolar um agente que mais coopera para o aprendizado é o conhecimento prévio do aprendiz. Portanto, o ensino deve dar maior importância a este fator.

Dessa forma, as condições para a aprendizagem significativa são a *potencialidade significativa* dos materiais educativos e a *predisposição do indivíduo* para aprender (AUSUBEL, 2003). Tais fatores encontram-se no topo da Figura 2.

Figura 2 - Um mapa conceitual para a teoria da aprendizagem significativa.



Fonte: Moreira 2011

Observa-se também que a aprendizagem significativa pode ser de representações, de conceitos ou de proposições. Para Moreira (2011), a distinção progressiva e a concordância integrativa são métodos da dinâmica da estrutura cognitiva e preceitos programáticos da estrutura a matéria de ensino, assim como a concretização do que está sendo aprendido.

Na base da Figura 2 aparecem considerações secundárias na organização da teoria da aprendizagem significativa, na qual vê-se que a aprendizagem subordinada derivativa nada mais é do que aquela na qual conteúdo recém assimilado, aprendido não traz alterações relevantes ou agrega melhoramentos ao subsunçor, já a aprendizagem subordinada correlativa é aquela que se estende, modifica, melhora ou salienta a ideia-base (MOREIRA, 2011).

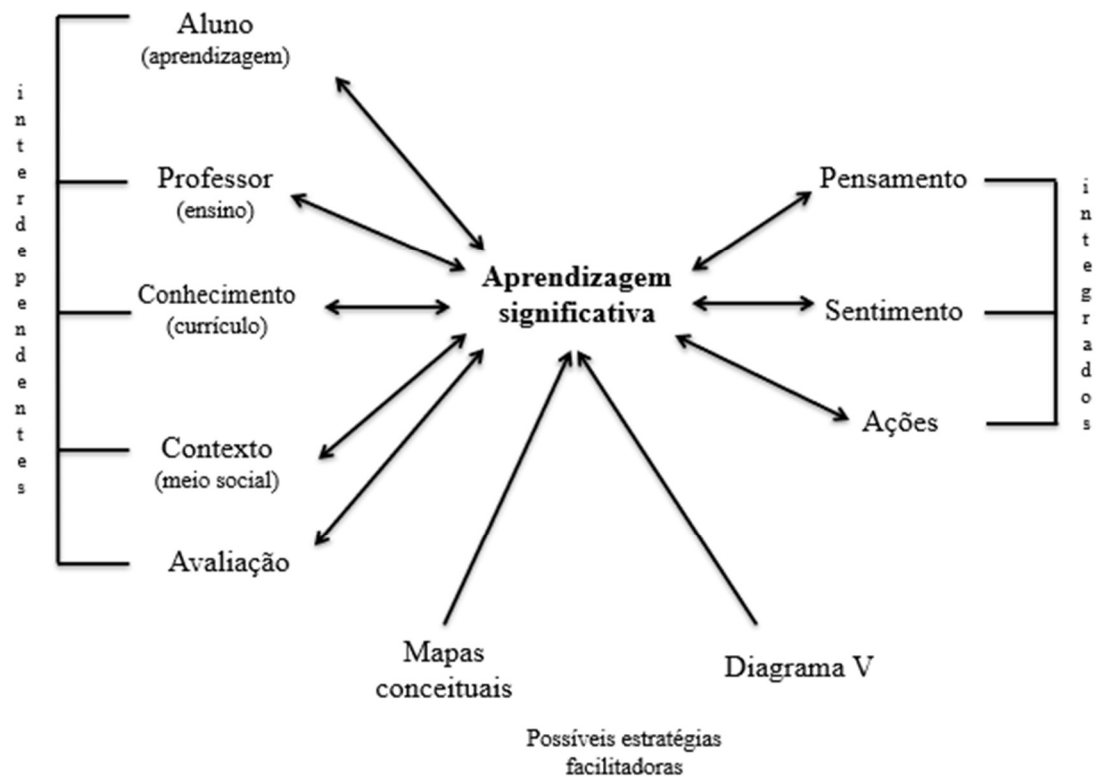
2.3A aprendizagem significativa na visão humanista

Os autores Novak e Gowin (1996) cooperários de Ausubel, apresentam uma conotação científica à aprendizagem significativa, afirmando que ela está implícita à integração construtiva, entre pensamentos, sentimentos e ações que encaminha ao engrandecimento humano. De acordo com Moreira (2011), tal integração pode ser positiva, negativa ou matizada.

A visão dos referidos autores é que se a aprendizagem for significativa, o aprendiz desenvolve-se, prospera e tem uma impressão boa e se interessa por novas aprendizagens. Mas a consequência disso é que sendo a aprendizagem algo mecânico o indivíduo acaba por gerar uma atitude negativa à matéria de ensino e não se interessa pela aprendizagem significativa. A relevância dessa visão consiste no fato de que o interesse para novos conhecimentos é um dos pré-requisitos da aprendizagem significativa e com certeza tem a ver com a integração de pensamentos, sentimentos e ações (MOREIRA, 2011).

A Figura 3 mostra a concepção de aprendizagem significativa segundo Novak e Gowin. Neste esquema nota-se os chamados lugares comuns da educação que estariam incorporados nesse modelo de aprendizagem. São eles: aprendizagem, ensino, currículo, meio social e, incluso por Novak, avaliação. Já as possíveis estratégias possibilitadoras são uma forma de favorecer o aprendiz.

Figura 3 - A aprendizagem significativa na visão humanista.



Fonte: Moreira 2011

2.4 A aprendizagem significativa na visão interacionista social

Para Moreira (2011), a visão interacionista social da aprendizagem significativa é pautada na interpretação tríade de D.B. Gowin: aluno -professor - materiais educativos da base curricular. Diz respeito a uma interpretação baseada em Vygotsky, na qual o processo ensino-aprendizagem tem a finalidade de partilhar significados referentes aos materiais educacionais da base curricular.

O professor é tido como o mediador que domina os significados admitidos no campo da matéria de ensino e o aluno é quem busca apreender tais significados. O papel do professor é expor de várias formas e repetidamente se houver necessidade tais significados, buscando evidências se o estudante está apreendendo-os (MOREIRA, 2010).

Ao aprendiz incumbe averiguar se os significados que está apreendendo são aqueles acolhidos na conjuntura do conteúdo ensinado. Isso é entendido como a

negociação de significados, que dá-se em um segundo âmbito - o contexto social. A Figura 4 esquematiza essa visão.

Figura 4 - A concepção de Gowin para a aprendizagem significativa.



Fonte: Moreira 2011

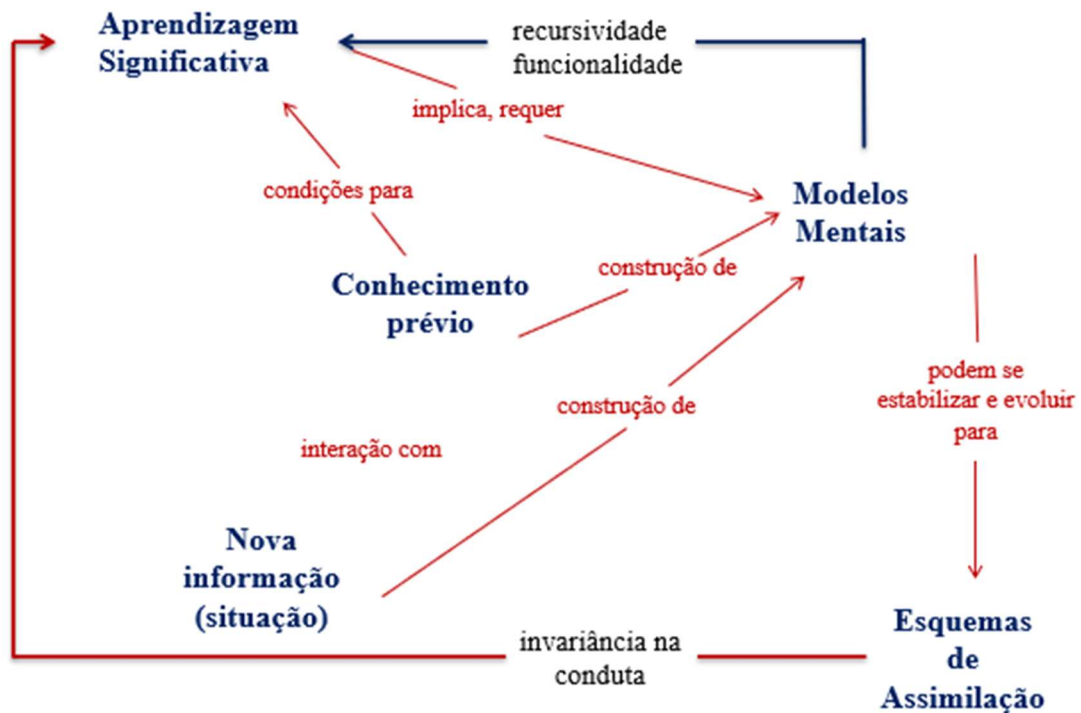
Segundo tal perspectiva, a aprendizagem ocorre quando o aluno entende os significados propostos inicialmente pelo professor, além de tais significados estarem de acordo com o que é rotineiramente aceito. Nesse sentido é que ocorre o compartilhamento de significados (MOREIRA, 2011).

2.5A visão cognitiva contemporânea

Essa visão traz a explicação da ideia clássica abordada por Ausubel. Johnson-Laird (1983) explica que a integração entre informações recentes e os subsunçores ocorre por uma representação mental construída pelo sujeito em sua memória de trabalho, para o autor é um modelo mental. Em dado momento essa representação estabiliza-se e evolui até se projetar em uma assimilação piagetiana (MOREIRA, 2011).

Essa construção é interpretada como o marco inicial para uma aprendizagem significativa e revela a intencionalidade do indivíduo tendo em vista que ele cria o protótipo da aprendizagem, porque ele quer participar do processo. Essa concepção está representada na Figura 5.

Figura 5 - A aprendizagem significativa em uma visão cognitiva contemporânea.



Fonte: Moreira 2011

Tal perspectiva se assemelha com a visão clássica no que diz respeito a reconhecer o conhecimento prévio como primordial porque modelos mentais são criados baseados em conhecimentos que o aprendiz já possui em sua organização cognitiva, somando o que ele observa da nova conjuntura.

Contudo, o modelo mental tem uma única obrigação com o sujeito, que é o de ser funcional, pois tal modelo pode estar errado contextualmente, mas servir bem para o indivíduo que pode modificá-lo tantas vezes quantas forem necessárias ao longo da negociação de significados. Podendo ser essencial para a aprendizagem significativa e evoluir posteriormente para esquemas de assimilação (MOREIRA, 2011).

2.6 Aprendizagem significativa: a visão da complexidade e da progressividade

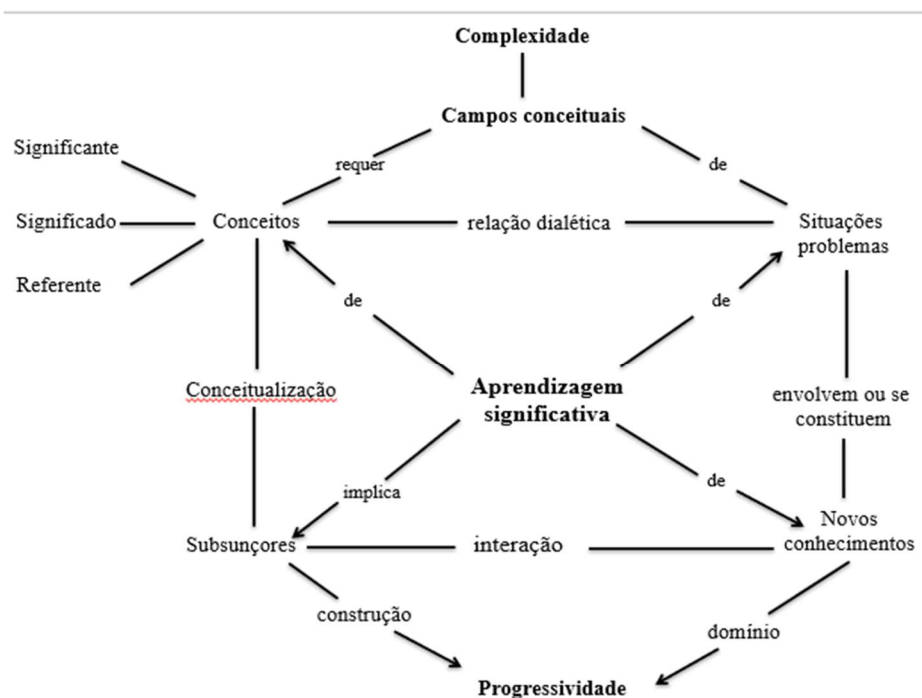
A teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1990), que ressalta que o conhecimento é formado nesses campos de quais o controle, por parte do aprendiz, acontece de forma morosa, após um longo intervalo de tempo.

Entende-se por campo conceitual como sendo um conjunto de situações-problema que requer o domínio de vários conceitos de natureza distinta. Os conhecimentos dos aprendizes são modelados pelas situações que vivenciam e de forma progressiva dominam. As situações são cada vez mais complexas e a única maneira de dominar um campo complexo é de maneira progressiva (VERGNAUD, 1990).

A nova ideia surge com novas situações e para dominá-las o aluno precisa de conhecimentos prévios, que ficam mais elaborados cada vez que ele se depara com essas novas situações. Daí surge a visão progressiva e complexa da aprendizagem significativa defendida por Vergnaud.

A Figura 6 traz o mapa conceitual que mostra essa complexidade e essa progressividade da aprendizagem significativa.

Figura 6 - A visão da progressividade e da complexidade da aprendizagem significativa.



Fonte: Moreira 2011

Na Figura 6 percebemos que há uma equivalência entre os novos conhecimentos de Ausubel e as novas situações. Os conhecimentos prévios (subsunçores) seriam conceitos em construção. Da interação entre eles resulta a

aprendizagem significativa de forma progressiva, abordada por Vergnaud (MOREIRA, 2011).

2.7 A aprendizagem significativa na perspectiva autopoietica

Autopoietica é uma concepção que surgiu inicialmente com a ciência biológica e relaciona-se à condição de um ser vivo reproduzir continuamente a si próprio perante circunstâncias de consecutiva perturbação e equilíbrio dessas perturbações.

Assim é o indivíduo, uma máquina autopoietica que se molda internamente conforme os estímulos externos que recebe.

Para esclarecer o conhecimento é necessário esclarecer o conhecedor, o ser humano, que é um aprendiz constante. Isso se dá através da linguagem e depende da aceitação do outro.

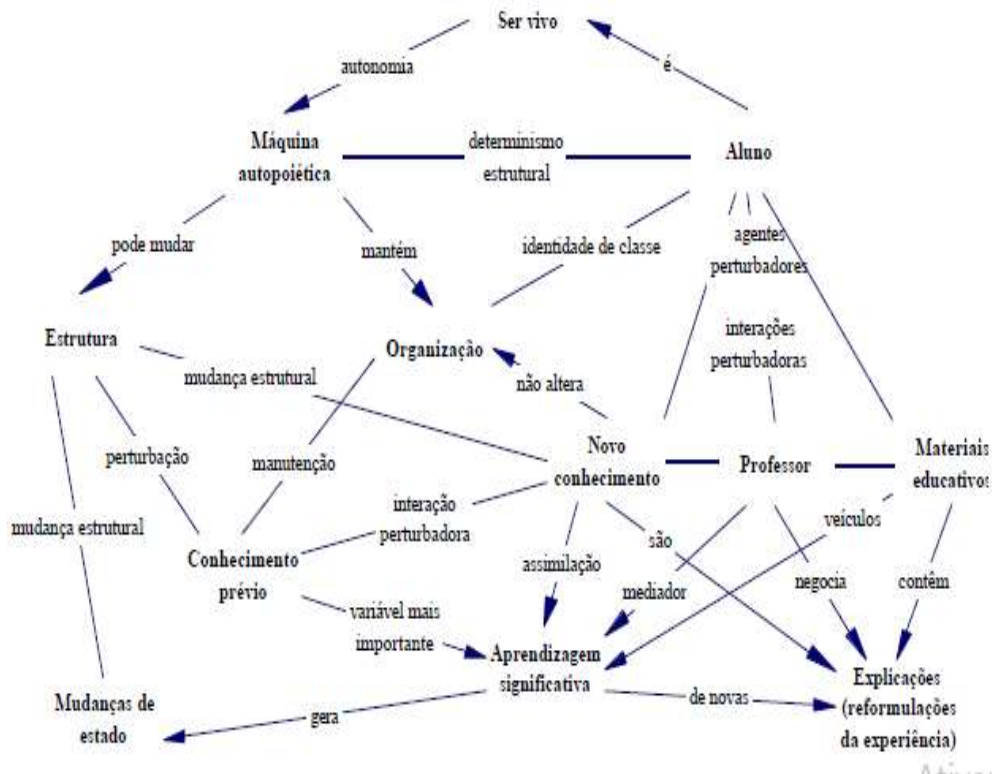
Nessa visão, o aluno é uma máquina autopoietica e o professor e as ferramentas educacionais são os agentes externos perturbadores. É no domínio das interações perturbadoras que geram mudanças estruturais que mantém a identidade da classe que ocorre a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2000)

Os subsunçores dos aprendizes são esclarecimentos que são reestruturações da vivência. Estes esclarecimentos podem ou não serem considerados no enredo científico, e ocorrem na linguagem.

Os novos conhecimentos são perturbações, que receberão significados na aprendizagem significativa e através da interação sofrerão de alguma forma mudanças no conhecimento prévio sem alterar a sua organização (MOREIRA, 2011).

Em suma, a aprendizagem significativa acontece no âmbito de interações perturbadoras que originam alterações apenas estruturais sem alterar a organização, o que mantém a identidade da classe. Uma organização autopoietica não varia, não se altera, não muda. A Figura 7 traz o esquema dessa concepção.

Figura 7 - A aprendizagem significativa na perspectiva autopoietica



Fonte: Moreira 2011

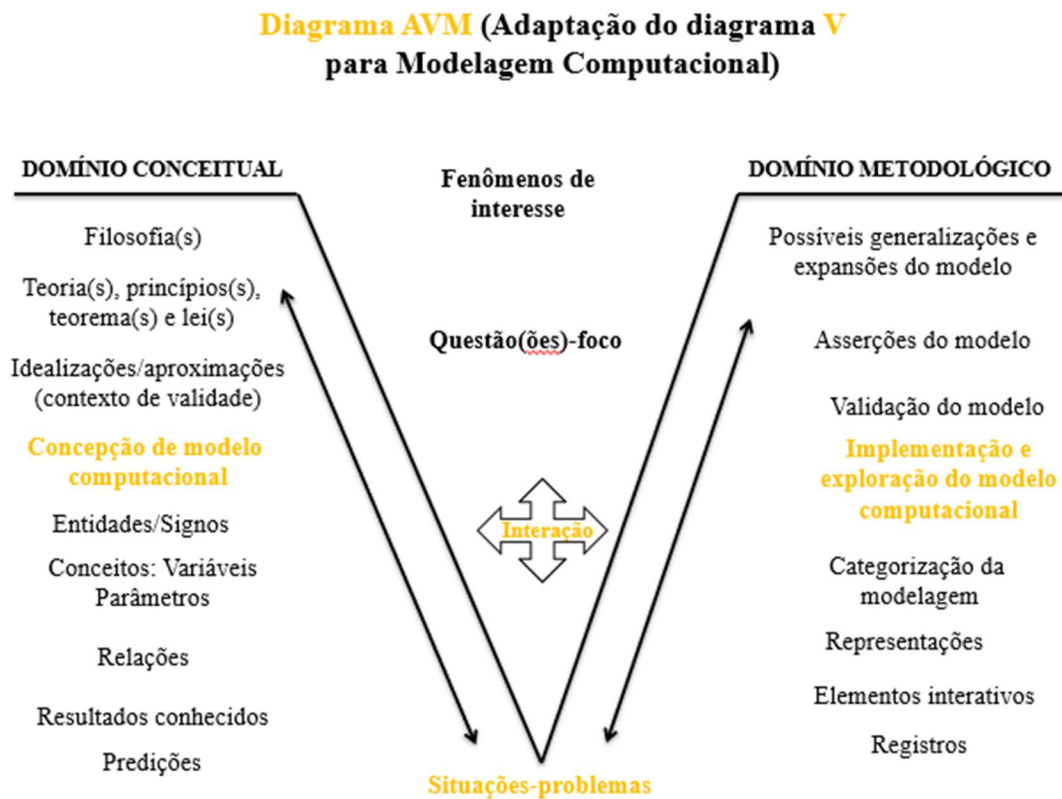
2.8A aprendizagem significativa segundo a visão computacional

Essa visão se assemelha à visão contemporânea dos moldes mentais. Contudo, se utiliza do computador como recurso instrucional.

Nessa visão não faz sentido pensar na relação tríade - aluno / professor / instrumentos educativos - sem a influência do computador, pois nela não só o professor e a linguagem funcionam como mediadores da aprendizagem significativa, como também o computador (ARAÚJO, VEIT e MOREIRA, 2006).

Araújo, Veit e Moreira (2006) exemplificam com os aplicativos computacionais Cmap Tools como uma ferramenta muito útil na construção de mapas conceituais e o diagrama AVM como meio favorável a aprendizagem significativa de atividades de modelagem computacional. O diagrama AVM (Adaptação do V à Modelagem) está representado na figura abaixo.

Figura 8 - O diagrama AVM desenvolvido por Araújo, Veit e Moreira.



Fonte: Moreira 2011

Dessa forma, o computador passa a auxiliar como mediador entre as atividades de ensino e as atividades cognitivas, pois auxilia os alunos a gerar e testar hipóteses, representar mapas mentais de forma externa, recriar situações-problema.

Conforme Araújo, Veit e Moreira (2006), os aprendizes arquitetam diagramas AVM antes, durante ou depois de criarem os modelos computacionais com o fito de estimular a reflexão crítica acerca de modelos físicos criados e sobre a modelagem em si. Dessa forma, a aprendizagem significativa é facilitada pelo uso da tecnologia utilizada pelo aluno (MOREIRA, 2011).

2.9 A aprendizagem significativa na concepção crítica

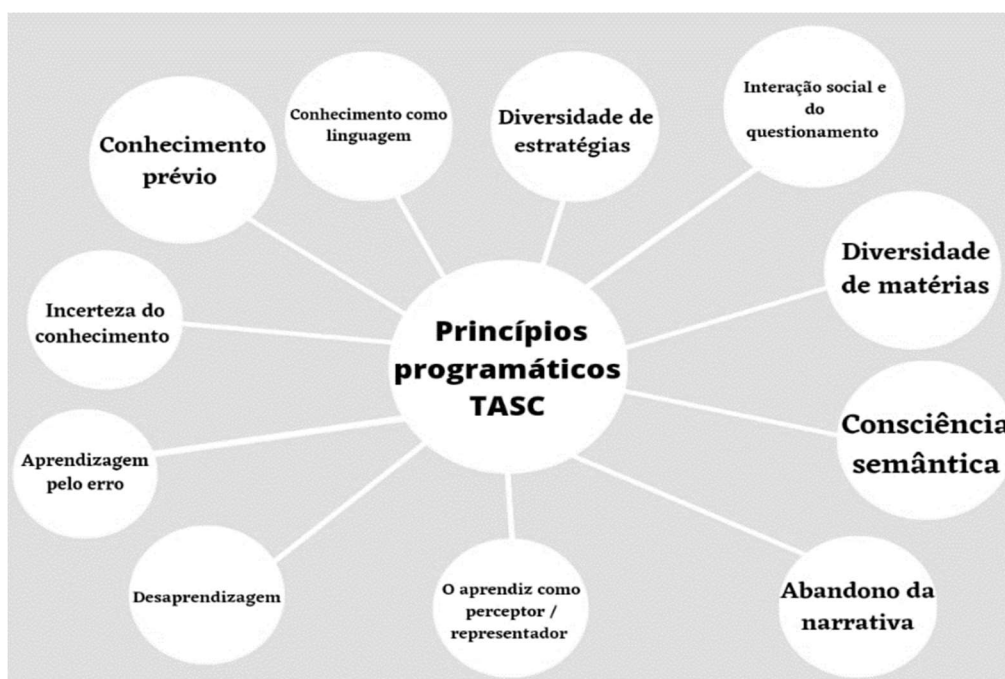
Faz-se necessário que a aprendizagem significativa também seja crítica, subversiva e antropológica, isto é, não é suficiente alcançar novos conhecimentos de maneira significativa, é fundamental adquiri-los de forma crítica.

Esse tipo de aprendizagem é aquela que permite ao indivíduo fazer parte de sua cultura, e simultaneamente, estar fora dela. Segundo Moreira (2000) é uma concepção antropológica em relação às atividades do grupo social no qual está inserido que permite ao sujeito participar de tais atividades e reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está sendo mais apreendida pelo grupo.

Postman e Weingartner (1969) ressaltam que é através desse tipo de aprendizagem subversiva que o aprendiz poderá fazer parte de sua cultura, simultaneamente, não ser reprimido por ela, por seus ritos, crenças, mitos e ideologias. Assim, poderá lidar com a mudança sem se deixar dominar por ela. Poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a probabilidade e com a ideia de que o conhecimento é construção nossa.

Para que isso ocorra, Moreira (2000) pontua alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica, tendo como referência as propostas por Postman e Weingartner (1969), tais como: conhecimento prévio, perguntas ao invés de respostas; diversidade de materiais; aprendizagem pelo erro; o aluno como preceptor representador do mundo; consciência semântica; incerteza do conhecimento; desaprendizagem; conhecimento como linguagem; diversidade de estratégias e abandono da narrativa. Tais princípios estão representados na Figura 9 e explanados logo abaixo.

Figura 9 - Um esquema teórico para os princípios programáticos.



Fonte: Moreira 2011

2.9.1 Princípio do conhecimento prévio

Captar, internalizar significados socialmente criados e aceitos contextualmente é a primeira condição para uma aprendizagem significativa crítica. Para aprender algo de forma significativa e crítica, o sujeito aprenderá a partir daquilo que já sabe, ou seja, a partir do seu conhecimento prévio.

Sobre o conhecimento prévio Postman e Weingartner (1969, p. 62) ensinam que

No final das contas, aprendemos somente em relação ao que já sabemos, o que significa, contrariamente ao senso comum, que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande e que esta ideia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas.

Já para o autor Paulo Freire, segundo Almeida (2009, p. 82), o conhecimento prévio

[...] vai até o mais íntimo da sala de aula; os professores preparam suas aulas levando em conta o que os alunos já sabem; eles não são mais elementos vazios, tornam-se um ponto de partida de toda a aprendizagem; os exemplos, os problemas, a finalidade da aprendizagem nascem do que é o aluno concreto.

Para Moreira (2005) este princípio condiz com qualquer teoria construtivista de aprendizagem ou desenvolvimento cognitivo.

2.9.2 Princípio da interação social e do questionamento

A relação social é obrigatória para a concretização do ensino, que ocorre quando professor e aluno compartilham significados em relação aos materiais curriculares (GOWIN, 1981). Tal compartilhamento resulta da negociação de significados que deve envolver uma permanente troca de interrogações ao invés de soluções. Segundo Postman e Weingartner (1969, p. 23)

O conhecimento não está nos livros à espera de que alguém venha a aprendê-lo; o conhecimento é produzido em resposta a perguntas; todo novo conhecimento resulta de novas perguntas, muitas vezes novas perguntas sobre velhas perguntas.

Para Moreira (2000) um ensino baseado na interação entre professor e aluno ressaltando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e ocasionar a aprendizagem significativa crítica. Porém, este princípio não insinua negar a validade de momentos explicativos expostos pelo professor sobre determinado assunto, o importante é o professor ter uma postura de diálogo com os alunos, aberta e indagadora.

2.9.3 Princípio da diversidade de materiais instrucionais

Geralmente o livro didático é o condutor das aulas expositivas. Contudo, o professor deve zelar pelo uso de outros materiais pertinentes à aprendizagem significativa crítica, tais como artigos científicos, poesias, obras de artes, relatos etc. que são fontes de produção do conhecimento humano.

Moreira (2011) aduz que a utilização de materiais diversificados, e meticulosamente selecionados é um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica. Contudo, destaca que o interesse não é banir o livro didático da sala de aula e sim de considerá-lo como mais um dentre vários materiais significativos.

2.9.4 Princípio do aprendiz como receptor/representador

O princípio do aprendiz como receptor/representador ressalta como o estudante percebe o mundo e o reproduz. Tudo aquilo que é recebido pelo estudante é percebido pelo mesmo. Em outras palavras, o aluno ao perceber decidirá como representar em sua mente um objeto ou significado e tomará essa decisão com base naquilo que sua experiência passada sugere que funcionará para ele.

A ideia de percepção/representação significa que o professor estará cotidianamente lidando com percepções dos alunos em diversos momentos. E estas percepções vêm de percepções prévias, as quais são únicas, então cada aprendiz perceberá de maneira única o que lhe for ensinado. Assim como o professor já virá para sala de aula com suas percepções. Daí a importância da interação pessoal e do questionamento como facilitadores da aprendizagem significativa entre professor e aluno.

2.9.5 Princípio do conhecimento como aprendizagem

A chave para a compreensão de um conhecimento é conhecer sua linguagem. A linguagem pode ser entendida como símbolos em que é codificado o conhecimento nela produzido. Aprender um conteúdo de maneira significativa implica aprender sua linguagem de maneira substantiva e não-arbitrária. “Aprender de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo” (MOREIRA, 2000, p. 12).

2.9.6 Princípio da consciência semântica

Para Moreira (2011), o princípio da consciência semântica é um intermediador da aprendizagem significativa crítica que necessita várias conscientizações. A primeira conscientização implica entender que o significado está nas pessoas e não nas palavras. Necessário, pois, o uso do conhecimento prévio, dos significados prévios na aquisição de novos significados a fim de se obter a aprendizagem significativa crítica.

“Outra conscientização necessária é a de que as palavras não são coisas, elas representam as coisas, significam as coisas” (POSTMAN e WEINGARTNER, 1969, p. 106).

Além do mais, se faz importante ser consciente de que algumas palavras são mais abstratas ou gerais e outras são mais concretas e específicas, ou seja, é variável a correspondência entre palavras e referentes verificáveis. Para Postman e Weingartner (1969), palavras mais abstratas ou gerais, a direção do significado é mais intencional, subjetivo, pessoal, são ditos significados conotativos. Já palavras mais concretas e específicas cuja direção de significado é mais extensional, objetiva e social, tais significados são considerados denotativos.

Outro tipo de consciência semântica indispensável à aprendizagem significativa crítica é o fato de que os significados das palavras mudam, isto é, o significado está nas pessoas, as palavras significam as coisas em diversos níveis de abstração, o significado tem direção, pode ser conotativo ou denotativo, os significados mudam. A partir do momento que o aprendiz toma consciência semântica, a aprendizagem torna-se significativa e crítica.

2.9.7 Princípio da aprendizagem pelo erro

É da natureza humana errar e aprender retratando os erros, o conhecimento não é permanente e nem a verdade é absoluta. O nosso conhecimento é limitado e criado através da superação do erro.

A teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983) sugere que quando compreendemos algo é porque construímos um molde intelectual desse algo. A característica primordial do modelo mental é a capacidade de autocorreção decorrente do erro até que se alcance uma funcionalidade que satisfaça o indivíduo.

Paulo Freire ensina que

Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e se dispõe a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente (FREIRE, 2003, p. 28).

A escola ignora o erro como mecanismo humano para construir o conhecimento, dando ao aluno a ideia de que o conhecimento passado a ele é correto e definitivo. Entretanto, o conhecimento que temos na verdade é provisório, ou seja, errado. “Buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação (MOREIRA, 2000, p. 14-15).

2.9.8 Princípio da desaprendizagem

O princípio da desaprendizagem relaciona-se com a aprendizagem significativa subordinada, visto que, a nova ideia interage com o conhecimento prévio. Através dessa conexão é que o significado lógico dos materiais educativos se transforma em significado psicológico para o aprendiz. A essa interação, Ausubel (2003) chama de assimilação – mecanismo humano utilizado para adquirir vasta quantidade de informações que formam qualquer corpo de conhecimento.

Contudo, a partir do momento que o conhecimento prévio se torna empecilho para captação dos significados do novo conhecimento é necessária a desaprendizagem, usada aqui com o significado de não se usar o conhecimento prévio (subsunçor) que impede que o aprendiz capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento (MOREIRA, 2000).

Outra razão importante para aprender a desaprender relaciona-se à sobrevivência em um ambiente que está em constante e rápida mudança, pois o aprendiz necessita identificar quais dos antigos conceitos e estratégias são relevantes e quais não são às novas demandas impostas por novos desafios.

Assim, conforme cita Postman e Weingartner (1969) desaprender conceitos e estratégias irrelevantes passa a ser condição prévia da aprendizagem. Nesse sentido, a desaprendizagem refere-se ao esquecimento seletivo, ficar com o que é relevante e libertar-se do conhecimento irrelevante.

2.9.9 Princípio da incerteza do conhecimento

A aprendizagem significativa crítica de definições, perguntas e metáforas só ocorrerá quando o indivíduo perceber que as definições são invenções, ou criações humanas, que tudo o que sabemos tem origem nas perguntas e que todo nosso conhecimento é metafórico (MOREIRA, 2000). Perguntas são ferramentas de percepção, sua natureza determina a natureza da resposta. Definições são ferramentas para pensar e só funcionam dentro do contexto para o qual foram inventadas. Já as metáforas são instrumentos que usamos para pensar, são instrumentos de percepção. Compreender um campo de conhecimento implica compreender metáforas que o fundamentam.

Para Moreira (2000, p. 17)

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana.

O supramencionado princípio chama a atenção para o fato de que nosso conhecimento é construção nossa e, portanto, é possível ser equivocado dependendo de como o construímos.

2.9.10 Princípio da diversidade de estratégias de ensino

O princípio da diversidade de estratégias de ensino relaciona-se aos materiais utilizados para elaboração do conhecimento significativo. Assim como o uso do livro

didático como ferramenta de conhecimento, às vezes, o quadro-giz simboliza o ensino transmissivo. Trata-se de apologia à aprendizagem mecânica, na qual o professor repete o que está nos livros, resolve exercícios, os alunos copiam e decoram o conteúdo para as provas, o que ainda é predominante nas escolas.

Não diz respeito a eliminar o quadro-giz das salas de aula, mas de se usar outras estratégias instrucionais (seminários, projetos, painéis, discussões etc.) que impliquem na participação ativa dos alunos, promovendo um ensino centralizado no aluno para contribuir com a aprendizagem significativa crítica.

2.9.11 Princípio do abandono da narrativa

O princípio do abandono da narrativa é complementar ao princípio da diversidade de estratégia de ensino e à descentralização do uso do livro didático em sala de aula, refere-se ao fato de deixar o aluno falar, interpretar o que encontra-se nos livros e externalizar sua interpretação para turma. Esse princípio ressalta que os alunos negociam significados e o professor seria mediador do conhecimento, intervindo quando necessário, trazendo à discussão os significados consentidos na conjuntura do conhecimento ensinado, deixando claro que nada é coberto por absoluta certeza, tudo é relativizado.

Esse princípio preocupa-se com o fato de que os alunos devem ser capazes de aplicar o conhecimento a novas situações. Infelizmente não é o que se constrói em sala de aula, visto que o molde de aula que é apresentado ao aprendiz é narrativo. O conceito de aula narrativa foi proposto por Don Finkel (2008, p. 34),

Nosso modelo natural de dar aula, antes de haver sido submetido a exame, é narrar. O ato principal de dar aula é narrar clara e cuidadosamente aos estudantes algo que eles desconhecem previamente. O conhecimento se transmite, imaginamos, por meio deste ato narrativo.

O autor explica que o modelo de aula narrativa parece ser natural aos alunos, aos pais, à sociedade, e por isso não é questionado. Tal modelo relaciona-se à aquisição de informações específicas a curto prazo, ao passar certo tempo esse conhecimento não estará mais disponível na estrutura cognitiva do sujeito.

Sendo assim, narrar é meio ineficaz para estimular a compreensão, é preciso que o professor crie circunstâncias que levem à aprendizagem relevante e duradoura. Para o autor aprender é o objetivo é ensinar é um meio para se atingir este fim.

É preciso ater-se ao ensino centrado no aluno, ao professor como mediador do conhecimento e em aprender a aprender, isso significa deixar o aluno falar mais, discutir, negociar significados, receber e fazer críticas. O estudante deve ser considerado como ser passivo, pensante, crítico. Nesse contexto, Finkel (2008, p. 45) propõe a metáfora “Dar aula de boca fechada”, referindo-se às suposições clássicas da boa docência.

No entanto, o professor continua “narrando” suas aulas, dizendo aos alunos o que devem saber e decorar para responder as provas, simplesmente para passarem de ano ou nos exames nacionais e todos (pais, alunos, professores) acham que esse ensino é normal, sem deixar de atentar-se que precisam aprender a aprender, para vida, para a cidadania, de forma significativa e crítica.

3 TIPOS DE APRENDIZAGEM

3.1 Aprendizagem Significativa x Aprendizagem Mecânica

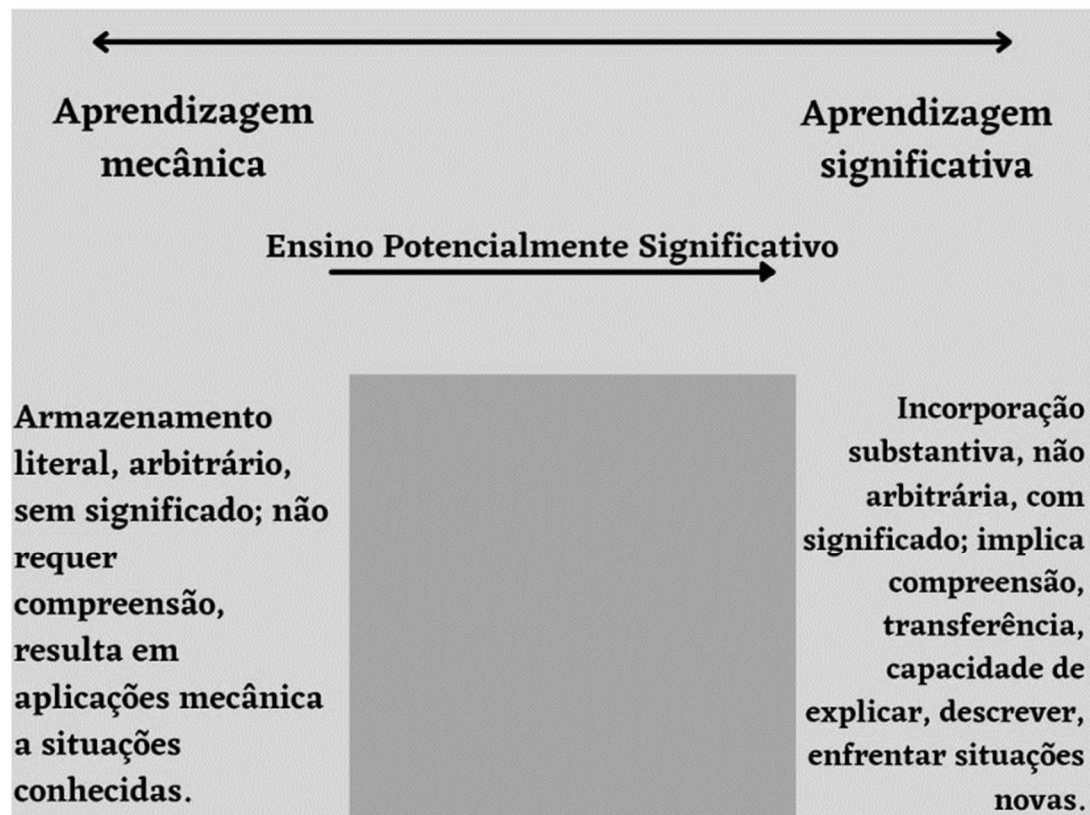
Vale ressaltar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo. Sendo que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Assim, os novos conhecimentos adquirem um significado para o indivíduo e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior solidez cognitiva (MOREIRA, 2000).

Porém, a aprendizagem que mais ocorre no ambiente escolar é a aprendizagem mecânica, aquela aprendizagem meio sem significado, decorada, que serve para realizar provas e logo é esquecida, isto é, nessa aprendizagem novas informações são memorizadas de forma arbitrária, literal e não significativa, tem pouca retenção de informação, não requer compreensão e não consegue lidar com situações novas.

Em contrapartida, a aprendizagem significativa é progressiva, isso significa que os significados vão sendo apreendidos e internalizados de forma progressiva e nessa questão a linguagem e a interação pessoal são extremamente importantes.

A Figura 10 demonstra que ambas aprendizagens não são uma dicotomia.

Figura 10 - Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica.



Fonte: Moreira 2011

A Figura 10 sugere que na prática grande parte da aprendizagem acontece na zona intermediária (zona cinza) desse contínuo e que um ensino potencialmente significativo pode facilitar o desenvolvimento do estudante na referida zona (MOREIRA, 2000).

Moreira (2000) ressalta que a passagem da aprendizagem mecânica para a significativa não ocorre de forma automática, é preciso existir os subsunçores adequados, a disposição do aluno para aprender, a utilização de materiais potencialmente significativos e a mediação do professor. Além do mais, a aprendizagem significativa é progressiva, se constrói paulatinamente através do subsunçor que é método de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados.

3.2 Aprendizagem Receptiva x Aprendizagem por Descoberta

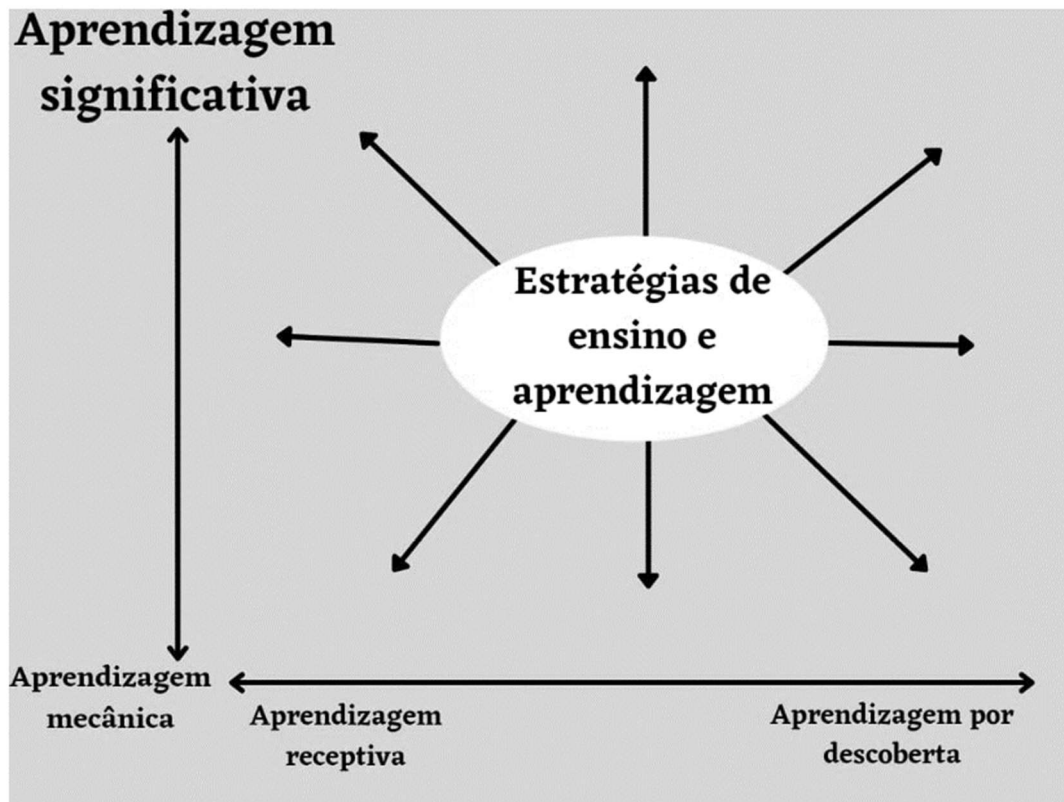
A aprendizagem receptiva se caracteriza pelo recebimento da informação/conhecimento pelo aprendiz, a ser aprendido em sua forma final, quer dizer, o aprendiz não precisa descobrir para aprender. Contudo, não se trata de receber de forma passiva o conhecimento, pois requer do aluno muita atividade cognitiva para que ele relacione os novos conhecimentos com aqueles existentes em sua estrutura cognitiva. Envolve processos de captação de significados, ancoragem, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011).

Já a aprendizagem por descoberta requer que primeiramente o aprendiz descubra o que vai aprender. Após descoberto o novo conhecimento, ele necessita das mesmas circunstâncias para a aprendizagem significativa: conhecimento prévio adequado e predisposição para aprender. Contudo, não é necessária a descoberta para aprender significativamente, pois as pessoas aprendem por recepção e por interação cognitiva entre os conhecimentos recebidos.

Porém, Moreira (2011) esclarece que a aprendizagem humana por descoberta é adequada para facilitar certas aprendizagens, tais como procedimentos científicos. Entre a aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descoberta não há um contínuo como nas aprendizagens anteriores (mecânica e significativa), pois o conhecimento não é necessariamente construído por recepção ou por descoberta.

A Figura 11 indica diferentes estratégias de ensino-aprendizagem que podem situar-se em diferenciadas posições em um suposto sistema de coordenadas formado pelos eixos aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa e aprendizagem receptiva x aprendizagem por descobrimento.

Figura 11 - Hipotético sistema de coordenadas formado pelos eixos aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa e aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta.



Fonte: Moreira 2011

Novamente, há uma “zona cinza” entre os extremos do contínuo. Determinados processos de ensino-aprendizagem dependerão do nível de escolaridade que se encontra o aprendiz para se situar em uma ou outra posição do contínuo. Bruner (1976) defende a aprendizagem por descoberta dirigida, a mesma é um exemplo de metodologia que se situa na zona intermediária entre a recepção e a descoberta e pode ser muito apropriada em aulas de laboratório.

4. PRINCÍPIOS PROGRAMÁTICOS FACILITADORES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O princípio programático da **diferenciação progressiva** ressalta que as ideias mais gerais e inclusivas do conteúdo de ensino necessitam ser apresentadas desde o início da instrução e, paulatinamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. Trata-se, pois, de um enfoque do que é mais relevante ser apresentado logo no início e de ser retomado de período em período favorecendo

assim sua diferenciação progressiva. Daí, tal princípio ser conciliável com a progressividade da aprendizagem significativa.

A programação do conteúdo a ser ensinado deve primar pela diferenciação progressiva dos conteúdos e também trabalhar de forma explícita as relações entre conceitos e proposições, diferenças e semelhanças e harmonizar incoerências reais e aparentes. A isso se chama **reconciliação integradora**, ou integrativa, outro princípio programático que visa à aprendizagem significativa.

Ausubel (2003) sugere estes dois princípios programáticos da matéria de ensino como decorrência natural de satisfazer a dois recursos da dinâmica da estrutura cognitiva. Sendo assim, o aprendiz vai se diferenciar progressivamente e reconciliando integrativamente os conhecimentos adquiridos.

O princípio da **organização sequencial** consiste em sequenciar os tópicos ou unidades de estudo, de forma coerente - não deixando de observar os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa - com as relações de dependência naturalmente existentes entre eles no conteúdo ensinado.

Já o princípio da **consolidação**, destaca Moreira (2000), que o mesmo tem como objetivo insistir no domínio do conteúdo que está sendo visto antes de se passar para o ensino de novos conhecimentos. Ressaltando a premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais interfere na aprendizagem subsequente.

5. ESTRATÉGIAS FACILITADORAS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Os **organizadores prévios** são elementos introdutórios oferecidos antes do material de aprendizagem em si mesmo, com um nível mais alto de abstração, totalidade e inclusividade, servindo de vínculo entre o que o sujeito já sabe e o que deveria saber para que esse material fosse fortemente significativo. Mostrando ao aprendiz a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento.

Moreira (2000, p. 6) ensina que “para facilitar uma aprendizagem dessa natureza, pode-se recorrer também a instrumentos que já se mostraram eficazes como o mapa conceitual e os diagramas V”.

Outra ferramenta que facilita a aprendizagem significativa são os **mapas conceituais** que são diagramas que mostram relações entre conceitos e buscam refletir a estrutura conceitual de um certo conhecimento. Já os **diagramas V** são instrumentos heurísticos para o exame da estrutura do processo de elaboração de

conhecimento e para acrescentar conhecimentos documentados sob a forma de artigos de pesquisa, livros, ensaios etc. Assim como no caso dos mapas conceituais, a construção, discussão e reconstrução dos diagramas V são técnicas bastante benéficas de aprendizagens significativas (GOWIN e ALVAREZ, 2005; MOREIRA, 2006).

Outro ponto relevante na aprendizagem significativa reside no fato de que o sujeito tem que apresentar uma pré-disposição para aprender, isto é, o aluno deve manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não-arbitrária e não-literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que apreende dos materiais educacionais, potencialmente significativos, do currículo (GOWIN, 1981).

Dessa forma, ensina Rodriguez Palmero et al. (2008, p. 28) que

Aprendizagem significativa, é a aprendizagem com significado, compreensão, sentido, capacidade de transferência, que depende essencialmente do conhecimento prévio do aprendiz, da relevância do novo conhecimento e de sua predisposição para aprender. Essa predisposição implica uma intencionalidade da parte de quem aprende. Esta, por sua vez, depende da relevância que o aprendiz atribui ao novo conhecimento.

6. ESQUECIMENTO E REAPRENDIZAGEM

O esquecimento é uma consequência espontânea da aprendizagem significativa, é o que Ausubel (2003) chamava de assimilação obliteradora, subvertora, isto é, a perda progressiva da dissociação dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhes deram significados.

Destarte, diferentemente da aprendizagem mecânica, cujo esquecimento é quase que total, na aprendizagem significativa ele é residual, existe um resquício dele no subsunçor.

Se a aprendizagem for significativa mesmo que se fique muito tempo sem usar um determinado conhecimento, tem-se a sensação que ele está dentro do subsunçor, ou seja, caso seja necessário pode-se reaprendê-lo sem grandes dificuldades e de forma relativamente rápida. No que diz respeito a aprendizagem mecânica a sensação é a de que o conhecimento nunca foi aprendido, não tendo sentido falar em reaprendizagem.

Moreira (2011) ensina que a vantagem da aprendizagem significativa sobre a mecânica está na compreensão, no significado, na capacidade de transferência a

situações novas. Posteriormente, a vantagem está na maior retenção e na possibilidade de reaprender em tempo menor do que o da aprendizagem original.

Embora, seja notável que a aprendizagem significativa traz mais benefícios cognitivos aos aprendizes, é possível notar que a escola ainda continua promovendo a aprendizagem mecânica. Moreira (2011) destaca que o modelo clássico no qual o professor expõe, o estudante faz cópia, decora o conteúdo para prova, reproduz o conhecimento memorizado sem significado ou aplica esse conhecimento de forma mecânica a situações conhecidas e os esquece rapidamente, continua dominante na escola e ninguém o questiona. Uma pena para os alunos que passam a vida estudando e memorizando um conhecimento que será esquecido rapidamente.

3. METODOLOGIA E RESULTADOS ESPERADOS

O produto educacional será destinado a professores do Ensino Médio. Consistirá em uma sequência didática composta por um roteiro de cinco aulas teóricas e experimentais e mais uma aula de resolução de exercícios para o ENEM que explanam os princípios da Hidrostática.

Devido à pandemia da Covid 19 as aulas foram online, via zoom e os experimentos aconteceram sincronicamente às aulas teóricas. As aulas tiveram como objetivo despertar o interesse dos alunos pelo tema, mostrar a relação teoria-prática e auxiliá-los nas avaliações externas que abordarem tais assuntos. Os alunos foram voluntários de escolas públicas e particulares.

Na cidade onde foi realizada a pesquisa, Inhumas-GO, tem três escolas públicas de Ensino Médio, bem como três escolas particulares. Por sorte, conheço os outros professores que lecionam Física e pedi a eles me ajudassem na divulgação do projeto para angariar os voluntários. O contato com os alunos voluntários foi feito via whatsapp. Os conteúdos foram explanados com o auxílio de slides montados por mim para esse fim.

Outro objetivo do trabalho foi facilitar o acesso a roteiros de aulas experimentais de Hidrostática, bem como a contextualização dos temas abordados. Além disso, o conteúdo trabalhado desenvolveu o interesse dos alunos e as aulas poderão ajudá-los em avaliações externas futuras.

4. ESTÁTICA DOS FLUIDOS

4.1 Introdução

Segundo o dicionário Michaelis, fluido pode ser definido da seguinte maneira:

- 1 Que corre ou se expande como um líquido; fluente: Comprei um creme hidratante bem fluido.
- 2 FIG Que não apresenta resistência, rigidez ou solidez; flácido, frouxo, mole: Seus braços estão muito fluidos.
- 3 FIG Que flui ou se manifesta de forma espontânea, com facilidade; corrente, fácil, fluente: Ele tem uma conversa agradável, fluida (MICHAELIS, 2021).

Para YOUNG & FREEDMAN (2007) fluido é uma substância que tem capacidade de escoar. Nesse grupo podemos incluir os líquidos e os gases.

Denomina-se fluido qualquer substância que pode fluir; o termo pode ser usado para um gás ou para um líquido. Geralmente consideramos como um gás o fluido que pode ser facilmente comprimido e um líquido é quase incompressível, embora existam alguns casos excepcionais. (YOUNG & FREEDMAN, 2007).

Uma das propriedades dos fluidos é que eles tomam a forma do reservatório que os contêm isso porquê essas substâncias não suportam a tensões de cisalhamento.

Em nosso cotidiano, em várias situações, temos contato com fluidos. O sangue que circula em nossas veias, os líquidos que ingerimos, os meios de transportes como avião e navios que transitam através deles. Os fluidos são o principal objeto de estudo da Engenharia Hidráulica que é responsável pela construção de diques, barragens, sistemas de tratamento de esgoto e de distribuição de água. E, ainda nos outros ramos da engenharia, podemos aplicar os estudos sobre fluidos ao melhorar a eficiência do sistema de irrigação de uma fazenda, nos freios hidráulicos, nos submarinos, para melhorar a aerodinâmica de um carro entre outras aplicações.

Para tantas aplicações práticas é necessário conhecer o comportamento e as leis que governam os fluidos. O ramo da Mecânica incumbido de tal tarefa é a Hidrostática ou Estática dos Fluidos.

Para o entendimento de tal área alguns conceitos iniciais são necessários e falaremos sobre eles na próxima seção.

4.2. MASSA ESPECÍFICA

Devido ao fato de os fluidos não possuírem forma definida é mais eficiente introduzir o conceito de massa específica (que poderá ser chamada de densidade) do que trabalhar com a massa, como é comum fazermos para corpos sólidos. Faz-se uso desse conceito quando lidamos com uma substância pura e homogênea.

Segundo HALLIDAY, RESNICK e WALKER (2012), a massa específica ou densidade de um fluido em determinada região do espaço, que representaremos por ρ , é definida isolando um ínfimo elemento de volume ΔV ao redor de um ponto e aferindo a massa Δm do fluido que encontra-se presente nesse elemento de volume. Assim:

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} \quad (1)$$

Na teoria, a massa específica é o limite dessa razão quando ΔV tende a zero. Apesar de ser considerado ínfimo, o elemento de volume ΔV , é bem maior que o átomo e, assim, apresenta a mesma massa específica em todos os pontos. Então, podemos supor que a massa específica é igual em todos elementos de volume do corpo considerado. (HALLIDAY, RESNICK e WALKER ,2012).

Dessa forma, podemos pensar em massa específica uniforme:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

A massa específica é uma grandeza escalar e sua unidade no Sistema Internacional de unidades é kg/m^3 . É comum também usarmos a unidade g/cm^3 . A relação entre essas unidades é:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Na Tabela 02 encontram-se os valores de algumas massas específicas:

Tabela 02: Valores para a massa específica de algumas substâncias.

Substância	Massa específica (kg/m^3)
------------	--------------------------------------

Ar a 20° C e sob pressão de 1 atm	1,21
Ar a 20° C e sob pressão de 50 atm	60,5
Isopor	1×10^2
Gelo	$0,917 \times 10^3$
Água a 20°C e sob pressão de 1 atm	$0,998 \times 10^3$
Água a 20° C e sob pressão de 50 atm	1000×10^3
Água a 100°C e sob pressão de 1 atm	$0,9584 \times 10^3$
Sangue	$1,024 \times 10^3$
Alumínio	$2,7 \times 10^3$

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Com os dados apresentados na tabela, observa-se que a massa específica varia de acordo com a pressão e a temperatura do fluido. Essa variação é importante uma vez que conhecendo a massa específica de uma determinada substância pode-se saber se ela se encontra adulterada, como por exemplo para o leite e o etanol.

Também é a massa específica que nos permite explicar porque o gelo flutua na água, porque o Titanic com 269 metros de comprimento e 46 mil toneladas de material conseguia flutuar sobre a água. É através da massa específica do sangue e da urina que se consegue detectar se há alguma alteração nos exames para possível tratamento!

A diferença na variação da densidade de gases e líquidos sob altas pressões como pode ser observado para o ar e a água na tabela 02 indica que os gases são compressíveis, propriedade não observada em um líquido. (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

4.3 Pressão em um fluido

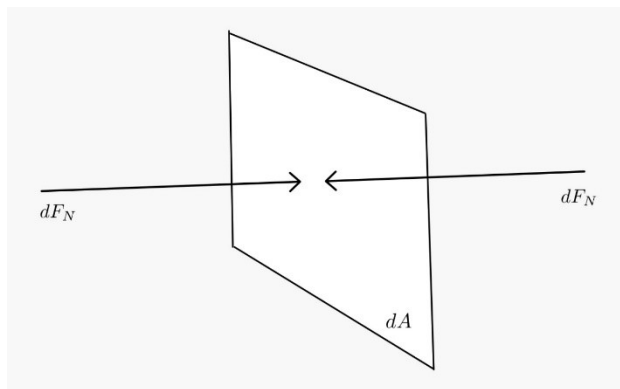
Mesmo em repouso um líquido ou gás interage com superfícies que estejam em contato com ele, como por exemplo a parede do reservatório que o contém. Essas

forças, que são perpendiculares, provêm dos choques moleculares com as superfícies vizinhas visto que as moléculas constituintes do fluido estão em movimento ainda que o fluido como um todo esteja em repouso. Esta é a força que sentimos em nossas pernas quando nos movimentamos em uma piscina cheia (YOUNG & FREEDMAN, 2007).

Imaginando uma superfície no interior do fluido, este efetua forças de mesmo módulo e sentidos opostos sobre ambas as partes desta superfície. Essa condição é necessária para que a superfície imaginária não tenha aceleração e o fluido permaneça em repouso. (YOUNG & FREEDMAN, 2007).

A situação está representada na Figura 12:

Figura 12 - Forças normais exercidas por um fluido em um elemento infinitesimal de área.



Fonte: Young e Freedman (2007).

Levando em conta uma ínfima superfície de área dA concentrada em um ponto do fluido e a força normal exercida pelo fluido nos lados da superfície dF_N , a pressão (p) nesse ponto será definida por:

$$p = \frac{dF_N}{dA} \quad (3)$$

A pressão em um ponto do fluido é dada pelo limite da equação 3 quando o elemento de área ΔA tende a zero (HALLIDAY, RESNICK e WALKER 2012). Contudo, se a força sobre uma área A é uniforme, a equação 3 é escrita da seguinte forma:

$$p = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Onde F é a força normal que atua em um dos lados da superfície.

A unidade de pressão no SI é o pascal (Pa). Observando a equação 4 podemos concluir que:

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$$

4.4 Pressão atmosférica

Sabemos que a Terra encontra-se imersa em uma camada de ar chamada atmosfera. Os gases que a compõem estão sujeitos à ação do campo gravitacional terrestre e, portanto, estão sujeitos à ação da gravidade. Sendo assim, podemos dizer que os gases que constituem a atmosfera terrestre possuem peso e exercem pressão sobre nós e sobre tudo o que se encontra mergulhado nessa camada de ar. A essa pressão damos o nome de pressão atmosférica.

Em 1643, o físico italiano Evangelista Torricelli conseguiu obter o primeiro valor para essa pressão, obtendo, ao nível do mar, o valor de 76 cmHg. O experimento foi repetido várias vezes em altitudes diferentes e observou-se que o aumento da altitude acarreta em uma diminuição da pressão. Veja a Tabela 03:

Tabela 3: elaborada pela própria autora baseada no livro de Física do sistema Bernoulli, volume 1, página 118.

Cidade	Altitude em relação ao nível do mar	Valor da Pressão
Santos	0 m	76 cmHg
São Paulo	750 m	69 cmHg
Brasília	1100 m	67 cmHg
Quito	2850 m	54 cmHg
La Paz	3600 m	49 cmHg

Fonte: elaborado pela pesquisadora

A pressão atmosférica equivale a aproximadamente 100000N/m^2 (ao nível do mar) e esse número bastante expressivo nos diz que em uma área de 1m^2 teremos uma força de 100000N , que seria equivalente ao peso de um objeto de 10 toneladas.

Imagine que você tenha uma caixa de fósforo retangular de dimensões 5 cm x 10 cm e que ela esteja sobre uma bancada em um lugar ao nível do mar. A força

atuando sobre essa caixinha é de 500 N, o que equivale a uma massa de 50kg. Mas então porque a caixinha (ou nós) não é amassada? Porque a pressão interna se iguala à pressão atmosférica. No caso de nós mesmos, porque a pressão do ar dos nossos órgãos se equilibra com a pressão atmosférica. Assim, não sentimos a pressão atmosférica mas podemos sentir uma diferença de pressão; é o caso do incômodo nos ouvidos quando andamos de avião ou mergulhamos mais profundamente e dos atletas que precisam correr em lugares de altitude alta.

Conforme já foi dito em grandes altitudes a pressão diminui bastante o que provoca também uma diminuição de temperatura na região e é por isso que aviões que voam acima dos 10000 pés (cerca de 3000m) ativam o seu sistema de pressurização, que retirando e esfriando o ar dos motores da aeronave injeta-o nas cabines (que estão perfeitamente vedadas) fazendo com que a pressão interna (e a temperatura) se mantenha confortável para a tripulação. Observe novamente que o que importa é a diferença de pressão e não a pressão interna e externa em si.

4.5 Unidades de Pressão

De acordo com o que já foi visto, a unidade de pressão no SI é o pascal (Pa). No entanto, existem outras unidades com larga utilização. São elas:

mmHg (milímetro de mercúrio): utilizada na meteorologia.

Bar (barra): utilizada na engenharia e na meteorologia.

psi (abreviação em inglês pound force per square inch) equivale a libra-força por polegada quadrada: utilizada nas indústrias inglesas e americanas e nos calibradores de pneus encontrados em postos de combustível e oficinas mecânicas.

kgf/cm²(quilograma força por centímetro quadrado): utilizada na Índia e na Coreia.

A tabela abaixo relaciona as unidades citadas:

Tabela 4: Conversão entre as unidades de pressão.

	Pa	kgf/cm²	Bar	psi	mmHg	atm
Pa	1	0,0000102	0,00001	0,000145	0,00750	0,00000987
kgf/cm²	98066,5	1	0,98	14,2234	735,514	0,96778

Bar	100000	1,02	1	14,5	750,188	0,987
psi	6894,8	0,07031	0,06895	1	51,71	0,068
mmHg	133,322	0,00136	0,00133	0,01933	1	0,00132
atm	101325	1,033	1,01325	14,696	760,128	1

Fonte: elaborada pela própria autora.

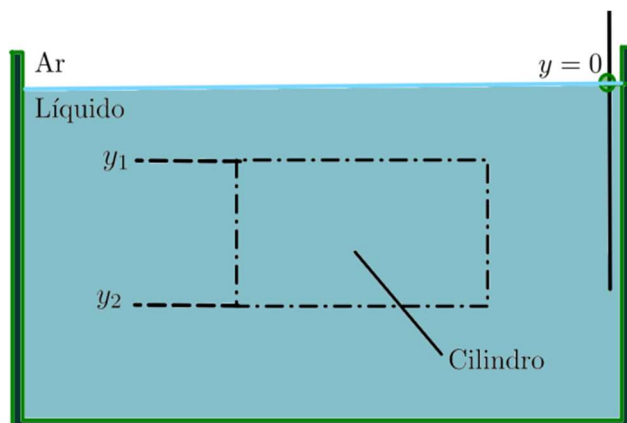
4.6 Princípio de Pascal

O mergulho mais profundo do mundo feito com cilindro de oxigênio foi realizado pelo egípcio Ahmed Gamal Gabr que atingiu a profundidade de 332,35 metros no dia 19 de abril de 2014. Gamal gastou cerca de 12 minutos na descida e 15 horas na subida e por esse feito entrou para o Livro dos Recordes (MOON, 2019).

O principal risco para mergulhos mais profundos é o aumento considerável da pressão sobre o corpo do mergulhador, além da compressão do gás dentro do cilindro.

Existe uma lei física que relaciona a pressão (p) em um ponto de um fluido com a profundidade (h) deste ponto. Para se chegar em tal expressão, suponha um tanque cheio de um líquido em equilíbrio estático e imaginemos um cilindro circular reto de bases horizontais A em um certo ponto desse líquido conforme mostra a Figura 13.

Figura 13 - Cilindro imaginário no interior de um líquido

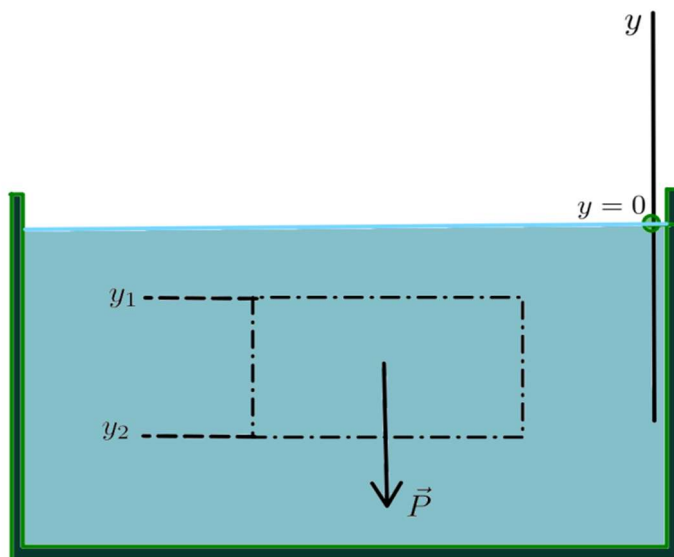


Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012).

Definindo um eixo vertical a partir da superfície de separação líquido-ar com sentido ascendente, toma-se y_1 como sendo a profundidade da base superior e y_2 como a profundidade da base inferior.

Sabemos que a força gravitacional, vertical, no sentido negativo do eixo y e com módulo igual a $m \cdot g$ onde m é a massa do líquido no interior do cilindro e g é o valor da gravidade no local, atuará no líquido. Essa força encontra-se representada na Figura 14 (Halliday, Resnick e Walker, 2012).

Figura 14 - A força gravitacional atua no cilindro no sentido negativo do eixo y .



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012).

Através da equação 2 podemos escrever a massa do líquido da seguinte forma: $m = \rho \cdot V$, sendo ρ a densidade do líquido e V o volume do cilindro. Este último pode ser expresso da seguinte forma: $V = A \cdot h$, onde a altura é dada por $y_1 - y_2$. Isto posto, podemos estabelecer o módulo da força gravitacional que atua no líquido no interior do cilindro assim:

$$F_G = m \cdot g \quad (5)$$

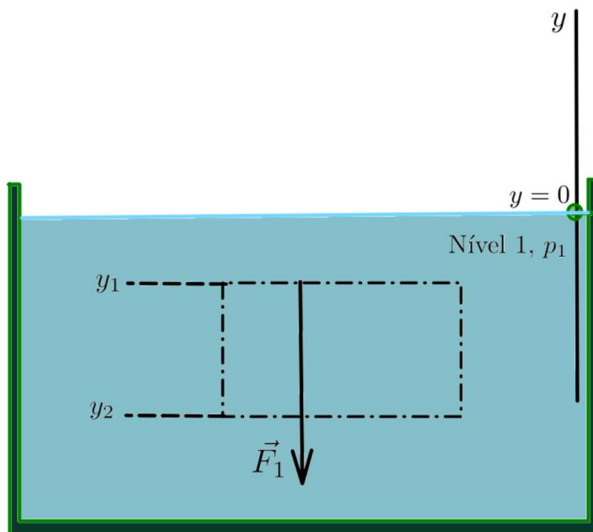
$$F_G = \rho \cdot V \cdot g \quad (6)$$

$$F_G = \rho \cdot A \cdot h \cdot g \quad (7)$$

$$F_G = \rho \cdot A \cdot g (y_1 - y_2) \quad (8)$$

Além da força gravitacional uma outra força ($\vec{F}_1$) no sentido negativo do eixo y também surgirá, conforme representada na Figura 15. Tal força é gerada pela pressão da água na parte de cima do cilindro (Halliday, Resnick e Walker, 2012).

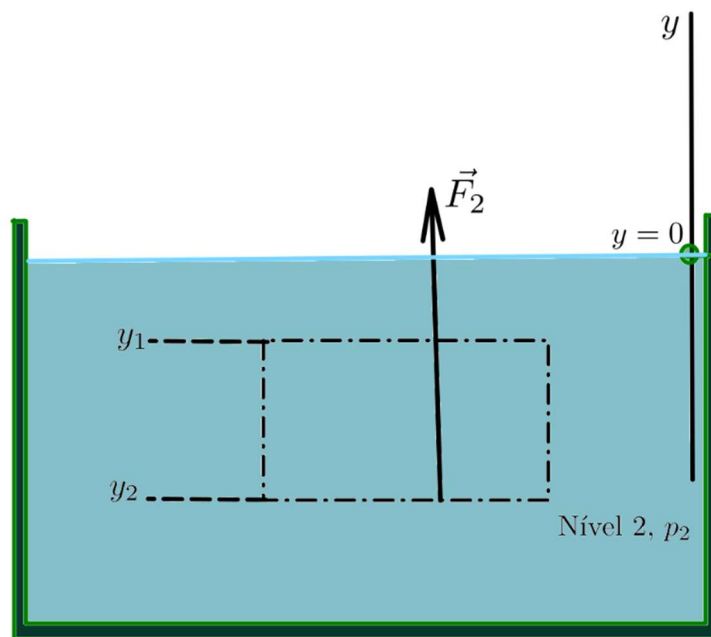
Figura 15 - Força que surge na parte superior do cilindro.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012).

Da mesma forma, no sentido positivo do eixo y surgirá uma força ($\vec{F}_2$) por causa da pressão da água na parte inferior do cilindro, Figura 16.

Figura 16 - Força que surge na parte inferior do cilindro.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012).

Conforme dito anteriormente o líquido estará em equilíbrio estático, logo a condição é que:

$$\sum F_y = 0 \quad (9)$$

Consequentemente temos que: $F_2 = F_1 + F_G$, sendo essa última descrita pela equação 5. Da equação 4 podemos escrever que: $F_2 = p_2 \cdot A$ e $F_1 = p_1 \cdot A$, sendo p_1 e p_2 as pressões nas profundidades y_1 e y_2 , respectivamente (Halliday, Resnick e Walker, 2012). Por fim, temos que em módulo:

$$F_2 = F_1 + F_G \quad (10)$$

$$p_2 \cdot A = p_1 \cdot A + \rho A g (y_1 - y_2) \quad (11)$$

Que resulta em:

$$p_2 = p_1 + \rho g (y_1 - y_2) \quad (12)$$

Esse resultado pode ser utilizado para se obter tanto a pressão no interior de um líquido quanto a pressão em uma certa altitude da atmosfera.

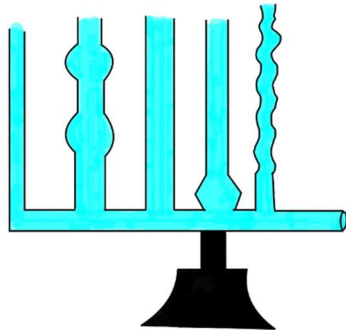
Na primeira situação, definimos o nível 1 como a superfície com uma pressão p_0 igual à pressão atmosférica e o nível 2 com uma separação h do nível 1 e pressão p . Temos então que:

$$p_2 = p_0 + \rho g h \quad (13)$$

A equação acima descreve a pressão em um ponto de profundidade h e em um recipiente contendo um fluido. Perceba que a pressão é a mesma em todos os pontos do líquido que estão a uma mesma profundidade e que o formato do recipiente não alteraria a pressão nesses pontos.

Ao colocar um líquido em um sistema de vasos comunicantes, a altura atingida por este é a mesma em todos os vasos (mesmo que os vasos tenham formatos totalmente diferentes) e, até mesmo quando inclinamos o conjunto.

Figura 17 - Sistema de Vasos Comunicantes

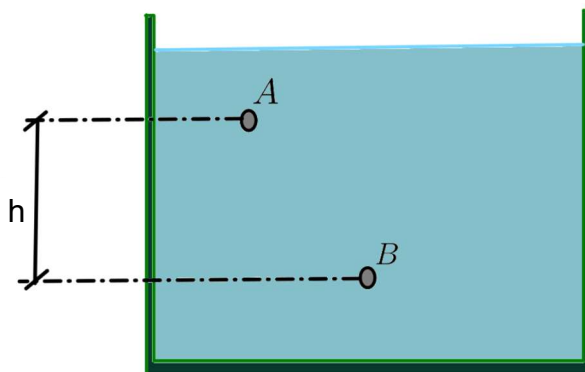


Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Através da equação vemos que quanto maior a profundidade maior a pressão, e sob maiores pressões, o volume de ar nos pulmões do mergulhador é reduzido o que aumenta o número de moléculas na inalação do ar. A maior ingestão de moléculas de nitrogênio fará com que esse gás se concentre nos tecidos e no sangue. Durante a subida, haverá a descompressão desse nitrogênio que formará bolhas afetando os tecidos e impedir a circulação do sangue causando danos, às vezes irreversíveis. Por isso a subida de Gamal foi realizada lentamente (MOON, 2019).

Imagine agora um recipiente contendo um fluido incompressível e considere dois pontos: A um ponto na superfície do fluido e B um ponto que dista h do ponto A, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 - Ponto A na superfície de um fluido e ponto B que dista h do ponto A.



Fonte: elaborado pela pesquisadora.

A pressão em A é igual a pressão atmosférica e a pressão em B dada pela equação 7. Assim, a diferença de pressão entre esses dois pontos poderia ser dada por:

$$p_B - p_A = \rho gh \quad (14)$$

Fazendo uma força externa sobre o ponto A, haverá um acréscimo de pressão no ponto A chamada de Δp_A e também no ponto B denominada Δp_B . Como o fluido é incompressível, as grandezas ρ , g e h , permanecem constantes então podemos concluir que:

$$\Delta p_A = \Delta p_B \quad (15)$$

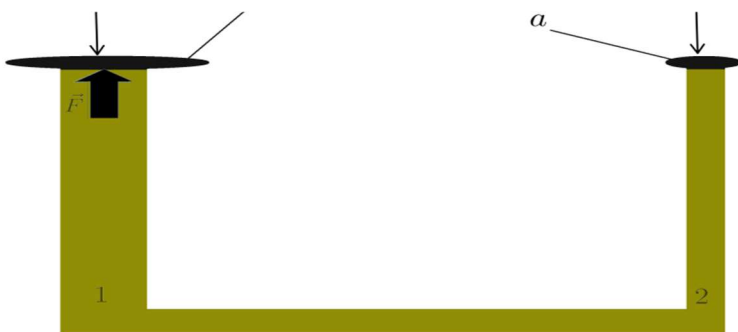
Desta conclusão, observa-se que o acréscimo de pressão feito em certo ponto do fluido será transmitido integralmente a todos os pontos deste fluido. Este resultado foi enunciado por Blaise Pascal no século XVII e é conhecido por Princípio de Pascal.

Uma variação da pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente (Halliday, Resnick e Walker, 2012).

O princípio de Pascal é o que explica o funcionamento de elevadores e prensas hidráulicas. Imagine um elevador hidráulico onde um pistão de pequena área a é submetido a uma força de pequena intensidade f .

Essa diferença de pressão aplicada ao pistão menor (Δp_{MENOR}), segundo o princípio de Pascal, é transferida integralmente a todos os pontos do fluido chegando até o pistão de área maior A , que ficará sujeito a um acréscimo de pressão (Δp_{MAIOR}).

Figura 19 - Esquema de um elevador hidráulico.



Fonte: elaborado pela pesquisadora.

$$\Delta p_{\text{MENOR}} = \Delta p_{\text{MAIOR}} \quad (16)$$

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A} \quad (17)$$

Onde F é a força que surgirá no êmbolo maior. Observe que essa força pode ser descrita como:

$$F = f \cdot \frac{A}{a} \quad (18)$$

E como a razão $\frac{A}{a}$ é sempre maior que 1, o elevador é um multiplicador de forças. Cadeiras de dentistas, macacos hidráulicos, freios hidráulicos e até mesmo a manobra de Heimlich (quando a pessoa se engasga) são evidências da aplicação deste princípio.

4.7 Princípio de Arquimedes

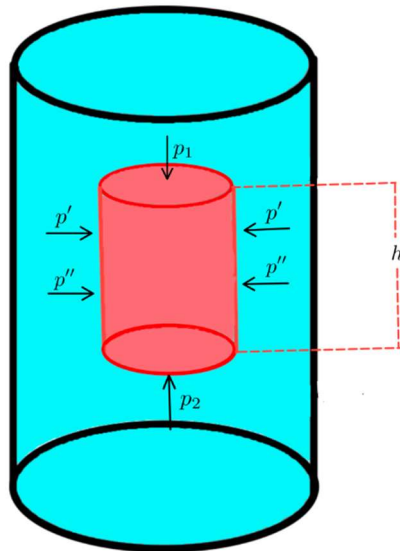
Quando estamos imersos em água (em uma piscina ou em um rio) nos sentimos mais leves; se torna mais fácil carregar um objeto que fora da água seria muito mais difícil. Essa é uma constatação que qualquer pessoa pode observar, porém, a explicação do porquê esse fato ocorreu começou com Arquimedes, um célebre engenheiro e matemático que viveu de 287 a.C a 212 a.C.

Toda vez que um corpo encontra-se imerso em um fluido ele sofre a ação de uma força vertical, de baixo para cima, que recebe o nome de Empuxo. O princípio de Arquimedes pode ser enunciado da seguinte maneira:

Quando um corpo está parcial ou completamente imerso em um fluido, este exerce sobre o corpo uma força de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado pelo corpo (YOUNG e FREEDMAN, 2007, p. 74).

Considere um corpo sólido em formato de cilindro imerso dentro de um recipiente contendo um fluido de densidade ρ . Os pontos que se encontram diametralmente opostos, por possuírem a mesma altura h , estão sujeitos à mesma pressão p , conforme indica a Figura 20.

Figura 20 - Cilindro imaginário dentro de um líquido contido em um recipiente.



Fonte: elaborado pela pesquisadora com base em Lopes 2020.

Como a pressão varia com a profundidade, a pressão na parte inferior do corpo (p_2) é maior que a pressão na parte superior do corpo (p_1), fazendo com que ocorra um desequilíbrio entre as forças na direção y . Quando somadas vetorialmente todas essas forças, as que estão na direção x se anulariam e as que estão na direção y dariam uma componente vertical para cima, a força de Empuxo.

O corpo sólido que foi colocado no fluido o desloca (ocupa um espaço que seria ocupado pelo fluido) um volume V_D e conforme o teorema de Arquimedes, o empuxo exercido pelo fluido sobre o corpo é igual ao peso do volume do fluido deslocado (P_{FD}) pelo corpo (Lopes, 2020).

Sendo assim, em módulo:

$$E = P_{FD} \quad (19)$$

O peso é dado por:

$$P_{FD} = m_{FD} \cdot g \quad (20)$$

E conhecendo a densidade do líquido, podemos encontrar o valor da massa deslocada através da densidade:

$$\rho = \frac{m_{FD}}{V_D} \quad (21)$$

$$m_{FD} = \rho \cdot V_D \quad (22)$$

O que resulta em:

$$E = \rho \cdot V_D \cdot g \quad (23)$$

Ao se colocar um objeto dentro de um fluido este pode flutuar, afundar ou ficar em equilíbrio. O que define isto é a relação entre o empuxo exercido pelo fluido (E) e o peso do corpo (P_C).

Empuxo maior que o Peso (o corpo flutua):

$$E > P_C \quad (24)$$

$$d_L \cdot V_{LD} \cdot g > d_C \cdot V_C \cdot g \quad (25)$$

No caso do objeto estar totalmente imerso no líquido:

$$V_{LD} = V_C \quad (26)$$

$$d_L > d_C \quad (27)$$

Empuxo menor que o Peso (o corpo afunda):

$$E < P_C \quad (28)$$

$$d_L \cdot V_{LD} \cdot g < d_C \cdot V_C \cdot g \quad (29)$$

$$d_L < d_C \quad (30)$$

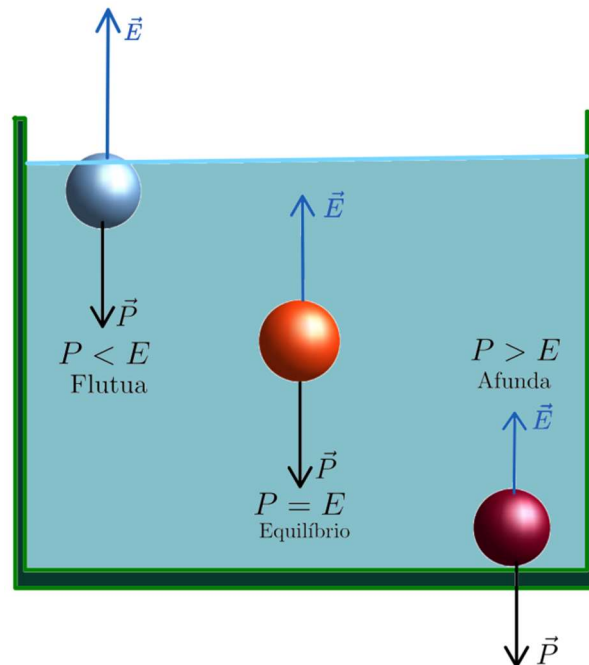
Empuxo igual ao Peso (o corpo fica em equilíbrio):

$$E = P_C \quad (31)$$

$$d_L \cdot V_{LD} \cdot g = d_C \cdot V_C \cdot g \quad (32)$$

$$d_L = d_C \quad (33)$$

Figura 21 - Relação entre o Peso e o Empuxo e a posição ocupada por um determinado corpo.



Fonte: elaborado pela pesquisadora.

5. PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional proposto consiste em uma sequência didática abordando os conceitos de Hidrostática. Este tema é recorrente em avaliações externas e de alta relevância para a compreensão de fenômenos cotidianos; contudo, geralmente não é visto por estudantes do Ensino Médio em razão do desencontro entre o vasto currículo e a reduzida carga horária da disciplina de Física em escolas públicas.

Na sequência didática procurou-se contemplar a teoria da aprendizagem significativa crítica, proposta por Marco Antônio Moreira. As aulas foram desenvolvidas buscando aplicar os princípios programáticos de tal teoria.

Esses princípios são: princípio do conhecimento prévio, princípio do conhecimento como linguagem, princípio da interação social e do questionamento, princípio da diversidade de materiais, princípio do abandono da narrativa, princípio do aprendiz como receptor/representador, princípio da aprendizagem pelo erro, princípio

da diversidade de estratégias, princípio da consciência semântica, princípio da desaprendizagem e princípio da incerteza do conhecimento.

As cinco aulas que compõem o produto foram elaboradas contemplando o conhecimento prévio do aluno, buscando uma contextualização com fatos do dia a dia e pautadas na interação professor-aluno. Buscava-se abordar o conteúdo visto com questionamentos para sondagem do conhecimento prévio dos alunos sobre os temas levantados, em seguida, os conceitos e equações eram apresentados. Logo após, os experimentos e a contextualização. Por fim, executa-se um feedback da aula, levantando os objetivos e os conceitos vistos.

Em cada aula ao menos um experimento sobre o tópico visto foi desenvolvido com o intuito de unir teoria e prática. Os experimentos desenvolvidos foram feitos com materiais recicláveis e de baixo custo visando uma maior aplicabilidade do produto. O tempo de execução, os materiais utilizados, o nível de dificuldade, o procedimento experimental e a explicação de cada atividade experimental foram apresentados em todas as aulas do produto.

Ao final das cinco aulas foi proposto uma aula bônus com resolução de exercícios de Hidrostática já cobrados nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) nos últimos 10 anos. Essa sequência de questões resolvidas não consta no produto educacional.

6. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Inicialmente foi escolhido para a aplicação do produto educacional o Colégio Estadual Ary Ribeiro Valadão Filho situado na cidade de Inhumas-Go que trabalha com alunos do Ensino Médio em período integral. As turmas selecionadas para participarem foram os terceiros anos A e B, totalizando 36 alunos. As aulas seriam ministradas no horário da disciplina de Laboratório de Física, a cada 15 dias.

O primeiro encontro aconteceu no dia 09 de março de 2020. Neste dia foi apresentado aos alunos o esboço do projeto e foi ofertada a primeira aula que tratava de densidade e pressão.

A partir do dia 15 de março de 2020, devido a Pandemia da Covid-19, as aulas presenciais foram suspensas na rede pública e particular de ensino e, por este motivo, o desenvolvimento do produto foi pausado.

Frente às incertezas desse novo cenário, diante da angústia vivida pelos professores e perante a infrequência dos alunos do Colégio Estadual Ary Ribeiro Valadão Filho nas aulas via plataformas digitais, o projeto foi repensado.

Em julho de 2021 foi retomado o trabalho de aplicação do produto educacional. Para manter os protocolos de segurança vigentes, o distanciamento social e em virtude da falta de vacinação, a aplicação do produto foi feita pela plataforma Zoom, com aulas e demonstrações online.

A seleção dos alunos voluntários ocorreu por meio das redes sociais e grupos de *whatsapp* diante da divulgação de folders digitais. Fizeram as inscrições 25 estudantes da primeira, segunda e terceira série do Ensino Médio, da rede pública e particular das cidades de Inhumas, Goianira e Santo Antônio de Goiás, com uma faixa etária de 16 a 19 anos.

A comunicação com os voluntários acontecia por meio de um grupo de *whatsapp* que foi criado para esse fim. Neste grupo eram disponibilizados os links para as aulas online bem como os links das aulas dadas que foram expostas na plataforma Youtube.

A primeira aula ocorreu no dia 03/08/2021. Nesta aula, foi apresentado o projeto, o cronograma, foi falado sobre o objeto de estudo da hidrostática e foram trabalhados os conceitos de densidade e pressão.

No começo da aula alguns levantamentos foram conduzidos pela professora a fim de sondar o conhecimento prévio dos alunos. As questões propostas foram: Será que martelar um prego com a sua parte mais larga em contato com a parede é tão eficaz quanto martelar o prego como fazemos usualmente? Por que usar salto alto faz com que os nossos pés fiquem doloridos? Se você segurar um lápis com os dois dedos indicadores, qual dedo irá doer? O que está em contato com a ponta ou a parte da borracha? E porquê? Como saberemos se um corpo, ao ser colocado dentro de um líquido, afunda ou boia? Como um submarino faz para submergir ou para emergir?

Após ouvir as respostas, inicialmente tímidas, de alguns alunos, foi feita a introdução ao estudo da Hidrostática e aos conceitos de densidade e pressão. Em seguida, foram apresentados três experimentos abordando os temas da aula, fazendo as devidas explanações e a contextualização - elo entre a teoria e a aplicação no cotidiano do aluno. Os princípios da teoria da aprendizagem

significativa abordados nesta aula foram: princípio do conhecimento prévio, princípio do conhecimento como linguagem, princípio da interação social e do questionamento, princípio do abandono da narrativa e o princípio do aprendiz como perceptor/representante.

A segunda aula ocorreu no dia 10/08/2021 e começou com a demonstração de um experimento intitulado “Enchendo uma bexiga dentro da garrafa” que abordava a diferença de pressão entre a parte interna e externa da garrafa o que faria com que a bexiga fosse cheia para dentro da garrafa. Após a demonstração experimental, os participantes foram indagados sobre a explicação do fato visto e muitos sugeriram que a explicação estaria na pressão atmosférica.

Em seguida, foi falado sobre a pressão atmosférica e sua alteração com a mudança de altitude, sobre a variação entre a pressão atmosférica e a pressão interna de um determinado recipiente e sobre pressão hidrostática. A partir daí, foram executados mais dois experimentos sobre pressão atmosférica e retomada a explicação sobre o experimento inicial.

Nesta parte o tópico contextualizando que trouxe a reportagem sobre como o primeiro acidente aéreo comercial da história levou à pressurização das cabines de avião chamou bastante atenção dos participantes, que levantaram algumas questões a respeito do tema.

Os princípios da TASC explanados nesta aula foram: o princípio do conhecimento prévio, o princípio do conhecimento como linguagem, o princípio da interação social e do questionamento; o princípio da diversidade de materiais, o princípio do abandono da narrativa, o princípio do aprendiz como receptor/representador e o princípio da aprendizagem pelo erro.

No terceiro encontro virtual, realizado no dia 17/08/2021, iniciou-se a aula falando sobre vasos comunicantes com o uso de uma charge que satiriza o título da aula. Foi feita uma sondagem inicial com questões do tipo: Como funciona o nível usado pelos pedreiros em uma construção? Por que a caixa d'água de uma cidade está sempre na parte mais alta? Logo após, foi falado sobre o que são vasos comunicantes, sobre o Teorema de Stevin, tubos em formato de U e sobre as aplicações da teoria.

Seguidamente ao experimento e à sua demonstração, os voluntários foram indagados se lembravam do resgate de um time de futebol tailandês que abrigou-

se em um complexo de cavernas procurando fugir das chuvas. Na época do acidente ocorreu uma grande cobertura midiática e os todos os participantes presentes no encontro afirmaram recordar o ocorrido. Então, foram interrogados sobre a ligação entre a Hidrostática e o desfecho da história. Um pequeno vídeo sobre uma reportagem do incidente foi exibido e logo em seguida a explanação interligando a teoria dos vasos comunicantes com a história contada foi executada.

Neste encontro foram aplicados os seguintes princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica: princípio do conhecimento como linguagem, princípio da diversidade de estratégias, princípio da interação social e do questionamento, princípio do abandono da narrativa, princípio do aprendiz como receptor/representador e princípio da aprendizagem pelo erro.

A aula 04, ocorreu no dia 24/08/2021 e o tema central foi o Princípio de Pascal. No começo foi colocado a imagem de um garotinho bebendo água em uma garrafa com bico e propostas as seguintes reflexões: Seria possível o garotinho beber água sem encostar a garrafa na boca? O que aconteceria se ele apertasse o fundo da garrafa?

Findada a contribuição inicial dos alunos foi feita a explicação sobre o Princípio de Pascal e falado das suas contribuições em situações rotineiras. Também foi efetuada a resolução de um exercício numérico para comparar a força necessária para levantar um veículo com e sem o uso do elevador hidráulico.

Seguidamente foram apresentados dois experimentos que tem como base o princípio de Pascal, a explanação e a contextualização. Esta última parte abordou o funcionamento bem como as vantagens e desvantagens do freio hidráulico.

Os princípios da TASC empregues foram: o princípio do conhecimento prévio, o princípio do conhecimento como linguagem, o princípio da interação social e do questionamento, o princípio da diversidade de materiais, o princípio do abandono da narrativa, o princípio do aprendiz como receptor/representador e o princípio da consciência semântica.

A última aula que compõe o produto educacional, executada dia 31/08/2021, foi introduzida a partir de uma afirmação: você já sabe o que é empuxo! A partir daí foi feita a seguinte interrogação: por que conseguimos carregar facilmente uma pessoa (por exemplo nossa mãe) dentro de uma piscina com água e de fora da água essa tarefa se torna mais difícil? Em seguida, foi apresentada a história de Arquimedes

e sua contribuição na resolução da questão que afligia o rei da época e após isto demonstrada o conceito de empuxo assim como a equação matemática que traduz o Princípio de Arquimedes.

Posteriormente foram executados dois experimentos sobre o tema da aula e feitas as devidas considerações bem como as contextualizações. Os princípios abordados foram: princípio do conhecimento prévio, princípio do conhecimento como linguagem, princípio da interação social e do questionamento, princípio da diversidade de materiais e o princípio do aprendiz como receptor/representador.

No dia 03 de setembro do ano vigente foi realizada a aula bônus do projeto, com resolução de 20 questões sobre o tema hidrostática que já haviam caído em provas anteriores do Exame Nacional do Ensino Médio. Nesta aula procurou-se solucionar as questões propostas juntamente com os estudantes que fizeram contribuições acerca dos assuntos tratados, lembrando os princípios abordados e também algumas equações.

Ainda que o produto tenha sido administrado de maneira não presencial, a aplicação foi realizada com um alto grau de satisfação e sucesso. Os alunos se mostraram interessados e participativos. É inegável que o manuseio dos experimentos pelos próprios estudantes traria mais entusiasmo e energia às aulas; contudo, diante da inabilidade das aulas presenciais, a aplicação do produto educacional via aulas online logrou êxito.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de fomentar a teoria da aprendizagem significativa crítica e aplicar os princípios propostos por seu elaborador em aulas de Hidrostática para alunos do Ensino Médio juntamente com o uso de experimentos de baixo custo. Ele foi impulsionado por desafios vividos hodiernamente em sala de aula, na tentativa de buscar meios para aumentar a eficiência do processo de ensino-aprendizagem. Ao final deste trabalho, pode-se evidenciar alguns tópicos significativos no trajeto.

Entende-se por aprendizagem significativa aquela na qual o estudante, a partir de conhecimentos já adquiridos previamente (subsunçores), recebe as novas informações e modifica-os, tornando-os mais ampliados e desenvolvidos. Mas essa aprendizagem só será significativa e crítica se esse novo conhecimento adquirido,

além de modificar o subsunçor for utilizado para que este estudante possa fazer uma leitura crítica do mundo que o cerca.

Sendo assim, a aprendizagem significativa crítica vai além da interação entre o conhecimento prévio e o novo, ela deve capacitar o estudante para interagir com a comunidade em que se encontra inserido, reconhecendo-a, questionando-a e propondo mudanças.

Dessa forma, o presente trabalho colabora com a comunidade escolar visto que o interesse dos alunos pelo tema apresentado foi demonstrado pela participação e interação ao longo das aulas.

Ele também contribui para a aquisição de novas metodologias para professores do Ensino Médio uma vez que os experimentos realizados, em sua maioria, se mostraram ao mesmo tempo fáceis de serem executados e eficazes no processo de elucidar a teoria vista.

Além disto, a aplicação do produto educacional testificou que mesmo em meio a pandemia da Covid-19 é possível que construir uma aula pautada na interação social e no questionamento, com base nos conhecimentos previamente adquiridos, considerando o erro, estabelecendo novas estratégias de ensino e em que o estudante possa usar o conhecimento recém adquirido para fazer uma leitura crítica do mundo.

8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando J. **Paulo Freire**. Folha Explica, v. 81. São Paulo: Publifolha. 95p. 2009.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. **Um estudo exploratório sobre as potencialidades do diagrama AVM na aprendizagem significativa de tópicos de Física**. Madrid: V EIAS, 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BRUNER, J. **O processo da educação**. São Paulo: Nacional, 1976.

FINKEL, Don. **Dar clase con la boca cerrada**. Valencia: Publications de la Universitat de Valencia. Tradução para o espanhol do original Teaching with your mouth shut. 292p, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. 27ª ed. São Paulo: Paz e Terra. 148p. 2003.

GOWIN, D.B. and ALVAREZ, M. **The art of educating with V diagrams**. New York, Cambridge University Press, 2005.

GOWIN, D. Bob. **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 210 p. 1981.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.

JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). **Mental models**. Cambridge, MA, Harvard University Press. 513p.

LOPES, Rivo. A hidrostática ensinada através de experimentações em sala de aula. 2020. 147f. Dissertação (Mestrado Nacional em Pesquisa e Ensino de Física)- Universidade Federal de Catalão, Catalão.

MICHAELIS, **Dicionário Online de Português**. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=fluido>. Acesso em: 27/08/2021.

MOON, Richard E. Doença de descompressão (Mal da descompressão; doença do caixão; doença dos mergulhadores. **Manual MSD**. Versão Saúde para a Família. 2019. Duke University Medical Center Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/les%C3%B5es-e-envenenamentos/les%C3%B5es-por-mergulho-e-ar-comprimido/doen%C3%A7a-de-descompress%C3%A3o> Acesso em 14/10/2021

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica subversiva**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro, 2000.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2005.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista cultural La Laguna Espanha, 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2021.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da física, 2011.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa. Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português, de Carla Valadares, do original **Learning how to learn**. 212p, 1996.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co. 219p. 1969.

RODRIGUEZ PALMERO, M. L. **La teoria del aprendizaje significativo em la perspectiva de la psicologia cognitiva**. Editora Octaedro, S.L., 2008.

VERGNAUD, G. **La théorie dès champs conceptuels**. Recherches em Didactique dès Mathématiques, 133-170, 1990.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky, Física I: Mecânica**. 12 ed. Addison Wesley, São Paulo, 2007.

APÊNDICE A- PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL CATALÃO - UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**PRODUTO EDUCACIONAL- ABORDANDO ASSUNTOS DA
HIDROSTÁTICA PARA ALUNOS DE ENSINO MÉDIO NA
PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COM
O USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO**

Parte integrante da dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Catalão.

Alinne Pires da Silva (Mestranda em Ensino de Física)

Dr. Jalles Franco Ribeiro da Cunha (Orientador)

Catalão

2021

APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a):

O material apresentado foi desenvolvido por Alinne Pires da Silva, mestranda do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pela Universidade Federal de Catalão, sob a orientação do professor Doutor Jalles Franco Ribeiro da Cunha.

A elaboração e execução deste material foi parte integrante da dissertação intitulada “Abordando assuntos da Hidrostática para alunos de Ensino Médio na perspectiva da aprendizagem significativa crítica com o uso de experimentos de baixo custo”.

O produto é destinado a professores de Física do Ensino Médio mas pode ser usado pelo público em geral e sua reprodução é livre desde que sejam conferidos os devidos créditos a autora.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	03
AULA 01- INTRODUÇÃO À HIDROSTÁTICA- PRESSÃO E DENSIDADE	04
AULA 02 - PRESSÃO ATMOSFÉRICA E PRESSÃO HIDROSTÁTICA.....	11
AULA 03-VASOS COMUNICANTES. TEOREMA DE STEVIN.....	19
AULA 04-PRINCÍPIO DE PASCAL.....	26
AULA 05-EMPUXO E PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES.....	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	43

Introdução

Este produto educacional foi elaborado tendo por base a teoria da aprendizagem significativa crítica, fomentada por Marco Antônio Moreira. Na sequência didática desenvolvida procurou-se aplicar os princípios pragmáticos promovidos por tal teoria.

Tais princípios são: princípio do conhecimento prévio, princípio do conhecimento como linguagem, princípio da interação social e do questionamento, princípio da diversidade de materiais, princípio do abandono da narrativa, princípio do aprendiz como receptor/representador, princípio da aprendizagem pelo erro, princípio da diversidade de estratégias, princípio da consciência semântica, princípio da desaprendizagem e princípio da incerteza do conhecimento.

O produto é composto por uma sequência didática de cinco aulas sobre os temas abordados pela Hidrostática. Em cada aula ao menos um experimento sobre o tópico visto foi desenvolvido com o intuito de unir teoria e prática. Os experimentos desenvolvidos foram feitos com materiais recicláveis e de baixo custo visando uma maior aplicabilidade do produto. O tempo de execução, os materiais utilizados, o nível de dificuldade, o procedimento experimental e a explicação de cada atividade experimental foram apresentados em todas as aulas do produto.

O seu desenvolvimento, devido à pandemia da COVID-19, ocorreu por meio da plataforma Zoom e contou com a participação de alunos da rede pública e particular das cidades de Inhumas, Goianira e Santo Antônio de Goiás.

AULA 01- INTRODUÇÃO À HIDROSTÁTICA- PRESSÃO E DENSIDADE

Será que martelar um prego com a sua parte mais larga em contato com a parede é tão eficaz quanto martelar o prego como fazemos usualmente?

Porque usar salto alto faz com que os nossos pés fiquem doloridos?

Se você segurar um lápis com os dois dedos indicadores, qual dedo irá doer? O que está em contato com a ponta ou a parte da borracha? E porquê?

Como sabermos se um corpo, ao ser colocado dentro de um líquido, afunda ou boia?

Algumas espécies de jacaré engolem pedras durante a caçada às suas presas. Por que será?

Como um submarino faz para submergir ou para emergir?

Essas e outras indagações são sanadas pela Hidrostática.

Introdução à Hidrostática

A Hidrostática é o ramo da Mecânica que estuda as propriedades dos fluidos em repouso. Os fluídos podem ser entendidos como substâncias que fluem com facilidade e, nesse contexto, estaremos falando sobre líquido e gases.

Os fluidos desempenham papel importante em nossas vidas: eles circulam em nossos corpos, nós bebemos, respiramos, navegamos e voamos através deles.

Alguns conceitos são importantes nas leis que governam os fluídos entre eles temos: densidade, pressão, empuxo.



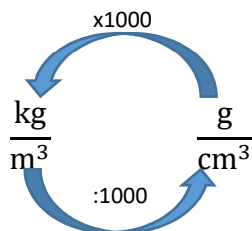
Figura extraída do banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com> com acesso em 08/12/2020 às 11h57min.

Densidade e Pressão

Para um fluido a densidade também pode ser chamada de massa específica. É representada pelas letras d (comumente adotada no Ensino Médio) ou μ e pode ser definida como sendo a razão entre a massa e o volume do fluido.

$$d = \mu = \frac{m}{V}$$

No sistema internacional de Unidades a unidade da densidade é kg/m^3 . A unidade g/cm^3 também é muito utilizada. Uma maneira de relacionar as duas é:



A densidade varia de acordo com a pressão e a temperatura do fluido e é importante conhecê-la uma vez que seu valor pode indicar se algum produto, como por exemplo, leite ou etanol, encontram-se adulterados. Também é a densidade que nos permite explicar porque o gelo flutua na água, porque o Titanic mesmo com 269 metros de comprimento e 46 mil toneladas de material conseguiu flutuar sobre a água. É através da densidade do sangue e da urina que se consegue detectar se há alguma alteração nos exames para possível tratamento!

Abaixo temos a densidade média de algumas substâncias:

Material	Densidade (kg/m^3)	Densidade (g/cm^3)
Ar	1,2	0,0012
Álcool etílico	810	0,81
Gelo	920	0,92
Água	1000	1,00
Sangue	1060	1,06
Concreto	2000	2
Ouro	19300	19,3
Anã Branca	10000000000	10000000

Fonte: Tabela elaborada pela própria autora baseada em Young e Freedman, volume 2, página 70.

Pressão

Algumas questões propostas inicialmente estão relacionadas ao conceito de pressão. Pressão é a razão entre a força resultante distribuída perpendicularmente em uma superfície.

$$p = \frac{F}{A}$$

A unidade de pressão, no SI, é o N/m^2 que também é chamado de pascal (Pa). Os aparelhos que medem a pressão são os **barômetros**.

Na equação, podemos observar que PARA UMA MESMA FORÇA, a pressão é inversamente proporcional à área. Sendo assim, quanto MENOR A ÁREA, MAIOR A PRESSÃO.



Figura extraída do banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com>, com acesso em 08/12/2020 às 15h33min



Figura extraída do banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com>, com acesso em 08/12/2020 às 15h37min



Figura extraída do banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com>, com acesso em 08/12/2020 às 16h18min.

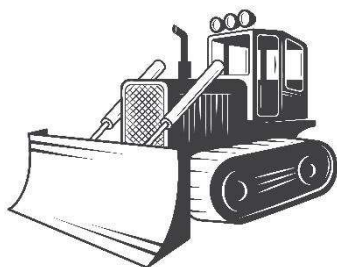


Figura extraída do banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com>, com acesso em 08/12/2020 às 16h20min

Roteiro dos experimentos

Experimento 1

Nome do experimento	Afunda ou Flutua?
Materiais	Dois copos iguais Água Dois ovos Sal de Cozinha
Tempo de Execução	5 minutos
Nível de Dificuldade	Fácil

Procedimento:

- 1- Encher os copos com o mesmo nível de água.
- 2- Colocar o ovo em um copo e pedir aos alunos que observem se o ovo afunda ou flutua.
- 3- No outro copo dissolver três colheres de sal.
- 4- Colocar o outro ovo e observar se afunda ou flutua.
- 5- Perguntar porque em um copo com água o ovo afunda e no outro ele flutua.
- 6- Após o levantamento de hipóteses feitas pelos alunos fazer a explanação.



Imagens da autora

Comentário: Supondo que os ovos sejam idênticos, terão a mesma massa e o mesmo volume. Desse modo, a densidade de ambos será aproximadamente igual. Em um

mesmo volume de água teremos mais massa no copo que possui água com sal; o que indica que a densidade da água salgada é maior que a densidade da água doce. E, o ovo tem uma densidade cujo valor está entre a densidade da água salgada e da água doce. Assim, sua densidade é maior que a da água doce, por isso ele afundará; e, menor que a da água salgada onde ele flutuará.

Contextualizando: É mais fácil boiar no mar do que na água do Rio. Embora sejam feitos de materiais muito pesados, os navios são construídos com grandes espaços ociosos em seu casco. Isso implica em grandes quantidades de oxigênio e faz com que a sua densidade fique menor que a da água; o que permite que ele flutue.

Experimento 2

Nome do experimento	Bola que come alpiste
Materiais	Duas bexigas Uma bola de gude Uma bola de isopor Alpiste Linha Um recipiente transparente e fundo
Tempo de Execução	5 minutos
Nível de Dificuldade	Fácil

Procedimento:

- 1-Encapar as bolas com as bexigas, amarrar e cortar o excesso com tesoura.
- 2- Encher o recipiente com alpiste e colocar a bola de isopor na metade do recipiente “escondida” (Fazer isso antes de começar o experimento, sem que os alunos vejam).
- 3- Colocar a bolinha de gude por cima do alpiste.
- 4- Pedir que um aluno voluntário mexa o recipiente de maneira circular (enquanto isso conte uma história que a bola estava magrinha, precisando de alimentar).
- 5- Após a bola maior aparecer e a menor afundar, pedir aos alunos possíveis explicações.
- 6- Fazer as pontuações necessárias.

Comentário: A bola de isopor é menos densa que o alpiste e a de gude é mais densa. Sendo assim, ao mexer o recipiente, o que é mais denso afunda e o que é menos denso flutua.

Contextualizando: A densidade do gelo ter maior valor que a densidade da água é um fato essencial para existir vida aquática pois em uma região de baixa temperatura a camada de cima da água fica congelada enquanto que a camada de baixo permanece na forma líquida o que garante a vida de espécies aquáticas.

Experimento 3

Nome do experimento	Cama de prego
Materiais	Um pedaço de Isopor (24 cm x 30 cm) Um pedaço de Isopor (15 cm x 30 cm) Pregos do tipo 14x21 Papel Milimetrado Dois palitos de Churrasco Um pedaço de fita adesiva Bexiga
Tempo de Execução	20 minutos
Nível de Dificuldade	Médio

Procedimento:

- 1-Cortar o papel milimetrado de forma que fique um quadrado de 20 cm de lado.
- 2- Marcar pontos à distância de 1 cm no papel milimetrado.
- 2- Fixar o papel por baixo do isopor com a fita adesiva.
- 3- Colocar os pregos de acordo com a distância marcada, de baixo para cima.
- 4- Espetar os palitos de churrasco com uma distância de 20 cm no isopor menor, fazendo com eles uma haste móvel.
- 5- Com a bexiga cheia e entre a cama de pregos e a haste móvel, pressioná-la contra os pregos e observar o que ocorre.
- 6- Pedir aos alunos possíveis explicações sobre o porquê de a bexiga não estourar.



Imagens da autora

Comentário: A grande quantidade de pregos faz com que a área de contato com a bexiga aumente. Desta forma, uma área razoavelmente grande faz com que a pressão sobre a bexiga se torne menor.

Contextualizando: Para se esquiara na neve, usa-se a prancha de snowboard que aumentará a área de contato com a neve, diminuindo assim a pressão que o peso do esquiador faz sobre a neve, fazendo com que ele não afunde na neve.

Considerações finais: Dentro dos princípios da aprendizagem significativa crítica, foram usados os seguintes:

Princípios Programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA)	
Aula 01- Pressão e Densidade	
Conhecimento Prévio	✓
Conhecimento como linguagem	✓
Interação Social e do Questionamento	✓
Abandono da Narrativa	✓
O aprendiz como receptor/representador	✓

As questões iniciais são propostas com o intuito de sondar o conhecimento prévio dos estudantes, além de promover a interação social e do questionamento. Mesmo após o conteúdo visto e os experimentos realizados não há uma resposta pronta. Durante o processo, os alunos são questionados, participam da explicação; e, assim, tornam-se agentes da construção da aprendizagem. Nesse sentido, cumpre-se, ainda, os dois últimos princípios listados na tabela acima. Além do mais é dada a oportunidade de o aluno usar o conhecimento adquirido, a nova linguagem para fazer a leitura das questões propostas ao longo da aula.

AULA 02-PRESSÃO ATMOSFÉRICA E PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Sabemos que a Terra encontra-se imersa em uma camada de ar chamada atmosfera. Os gases que a compõe estão sujeitos à ação do campo gravitacional terrestre e, portanto, sujeitos à ação da gravidade. Sendo assim, podemos dizer que os gases que constituem a atmosfera terrestre possui peso e exercem pressão sobre nós e, sobretudo, o que se encontra mergulhado nessa camada de ar. A essa pressão damos o nome de pressão atmosférica.

Embora já tenhamos visto que a pressão possui como unidade no SI N/m^2 , também chamado de pascal, as unidades para pressão atmosférica podem sofrer variações. Fora do SI, podemos ter o cmHg (centímetro de mercúrio), mmHg (milímetro de mercúrio), atm (atmosfera), PSI (libras por polegada quadrada) entre outras.

$$1\text{atm} \sim 100000\text{N/m}^2 = 76\text{mmHg} = 760\text{cmHg}$$

A pressão atmosférica depende da temperatura do ar e da altitude do local. Para perceber essa segunda propriedade observe a figura:



Figura extraída do banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com>, com acesso em 09/12/2020 às 12h54min.

A partir da figura acima, considerar: Qual saco é mais fácil de retirar? O primeiro (embaixo de todos) ou o último? O último com certeza seria sua resposta, pois acima dele não há outro saco, já sob o primeiro há vários sacos exercendo pressão. Esse é o mesmo comportamento da pressão atmosférica, quanto menor a camada de ar acima do corpo (altas altitudes), menor a pressão que a atmosfera exerce sobre ele e quando maior a camada de ar (baixas altitudes), maior a pressão.

Em 1643, o físico italiano Evangelista Torricelli, identificou o primeiro valor para essa pressão, obtendo, ao nível do mar o valor de 76 cmHg. O experimento foi repetido várias vezes em altitudes diferentes e observou-se que o aumento da altitude acarreta em uma diminuição da pressão. Observe a tabela abaixo:

Cidade	Altitude em relação ao nível do mar	Valor da Pressão
Santos	0 m	76 cmHg
São Paulo	750 m	69 cmHg
Brasília	1100 m	67 cmHg
Quito	2850 m	54 cmHg
La Paz	3600 m	49 cmHg

Fonte: Tabela elaborada pela própria autora.

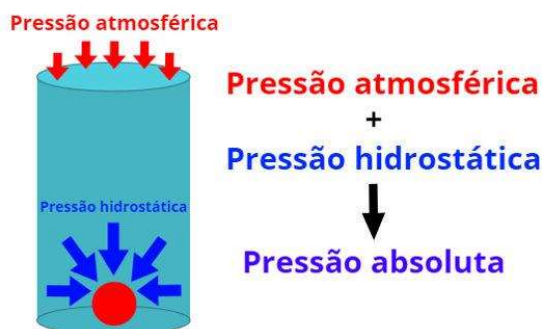
A pressão atmosférica equivale a aproximadamente 100000N/m^2 (ao nível do mar) e esse número, bastante expressivo, nos diz que em uma área de 1m^2 teremos uma força de 100000N , que seria equivalente ao peso de um objeto de 10 toneladas (espero que você tenha dito “Uau!”).

Imagine que você tenha uma caixa de fósforo retangular de dimensões 5 cm x 10 cm e que ela esteja sobre uma bancada em um lugar ao nível do mar. A força atuando sobre essa caixinha é de 500N , o que equivale a uma massa de 50kg. Mas então porque a caixinha (ou nós) não é amassada? Porque a pressão interna se iguala à pressão atmosférica. No caso de nós mesmos, porque a pressão do ar dos nossos órgãos se equilibra com a pressão atmosférica. Assim, não sentimos a pressão atmosférica mas podemos sentir uma diferença de pressão; é o caso do incômodo nos ouvidos quando andamos de avião ou mergulhamos mais profundamente e dos atletas que precisam correr em lugares de altitude alta.

Conforme já foi dito em grandes altitudes a pressão diminui bastante, o que provoca também uma diminuição de temperatura na região e é por isso que aviões que voam acima dos 10000 pés (cerca de 3000m) ativam o seu sistema de pressurização que, retirando e esfriando o ar dos motores da aeronave, injeta-o nas cabines (que estão perfeitamente vedadas) fazendo com que a pressão interna (e a temperatura) se mantenha confortável para a tripulação. Observe novamente que o que importa é a diferença de pressão e não a pressão interna e externa em si.

Pressão Hidrostática

Imagine um líquido dentro de um recipiente. As moléculas que constituem esse líquido estão constantemente exercendo forças sobre as suas paredes. Isso faz com que apareça uma pressão que age em todas as direções e é perpendicular à superfície do recipiente. A pressão exercida por um líquido em um certo ponto do recipiente pode ser pensada como a soma da pressão atmosférica e da pressão feita pelo peso do líquido.



Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/pressao.htm>, acesso em 09/12/2020 às 13h33min.

$$p_{\text{total}} = p_{\text{atmosférica}} + p_{\text{hidrostática}}$$

A pressão exercida em um ponto do recipiente devido ao peso do fluido pode ser dada por: d. g. h.; em que d é a densidade do fluido, g é a gravidade e h é a altura da coluna do fluido que encontra-se acima do ponto onde se deseja calcular a pressão total.

$$p_{\text{total}} = p_{\text{atmosférica}} + dgh$$

A equação acima, geralmente, é utilizada em unidades do Sistema Internacional de Unidades. Relembrando:

Unidades das Grandezas Utilizadas Na Hidrostática No SI	
Pressão	N/m ²
Área	m ²
Altura	m
Gravidade	m/s ²
Densidade	kg/m ³

Fonte: Tabela feita pela autora

Roteiro dos experimentos
Experimento 1

Nome do experimento	Garrafa chuveirinho
Materiais	Uma garrafa pet com tampa Corante (opcional) Um prego aquecido para furar a garrafa
Tempo de Execução	5 minutos
Nível de Dificuldade	Fácil

Procedimento:

- 1- Encha a garrafa com água e corante; em seguida, tampe-a.
- 2- Com o prego aquecido faça três furos em alturas diferentes no mesmo alinhamento.
- 3- Observe o que acontece.
- 4- Destampe a garrafa e veja o que acontece.
- 5- Junto com os alunos levante hipóteses que possam explicar porque um jato de água cai mais próximo da garrafa e outro cai mais longe. Pergunte se eles conseguem relacionar isso com alguma equação estudada.
- 6- Após o levantamento de hipóteses feitas pelos alunos fazer a explanação.

Comentário: No primeiro momento (garrafa tampada) a água não sai pelo furo da garrafa porque a pressão atmosférica exerce uma força de fora para dentro da garrafa, impedindo que a água vazze. Ao destampar a garrafa, a pressão atmosférica passa a atuar de fora para dentro, também na parte de cima do líquido, fazendo com que a água saia pelos furos da garrafa.

Outra observação importante é que a água que sai pelo furo mais próximo ao fundo tem um alcance maior que a água que sai pelo furo mais próximo à boca. Isso ocorre porque quanto maior a coluna de água que está acima daquele determinado ponto, maior será a pressão naquele ponto e maior será o alcance.

Contextualizando: Quando sugamos um líquido pelo canudinho, diminuimos a pressão dentro do canudo e da boca, fazendo surgir uma diferença de pressão entre a parte interna e externa do canudo. Assim, a pressão atmosférica passa a agir sobre o líquido permitindo que ele suba.

Você sabia que se colocar um canudinho dentro de um copo com líquido e outro canudinho de fora e sugar o ar dos dois ao mesmo tempo o líquido não irá subir? Nesse caso, não haverá diferença de pressão na boca fazendo com que o líquido permaneça como está.

Experimento 2

Nome do experimento	Amassando uma garrafa pet sem fazer força
Materiais	Uma garrafa pet Um funil Água quente Água fria Luva térmica
Tempo de Execução	5 minutos
Nível de Dificuldade	Média

Procedimento:

- 1-Ferver a água e colocá-la em uma garrafa térmica, balançando lentamente a água em círculos.
- 2-Retirar a água da garrafa e tampá-la rapidamente.
- 3- Em seguida, colocar a garrafa em um recipiente com água fria.
- 4- Observar e perguntar qual explicação os alunos dariam para essa observação.
- 5- Explicar o motivo da garrafa ficar amassada.



Imagens da autora

Comentário: O ar dentro da garrafa tampada está a uma temperatura mais elevada e, conseqüentemente, a pressão interna aumenta. Quando a garrafa entra em contato com a água fria, haverá troca de calor fazendo com que o vapor interno diminua a sua temperatura e pressão. Com a diminuição da pressão interna, a pressão externa ficou maior, e atuou na garrafa, esmagando-a pelo fato de haver diferença de pressão.

Contextualizando: A reportagem a seguir¹ conta sobre a evolução entre o primeiro voo comercial nos EUA (que terminou em uma colisão fatal com um vulcão) e a necessidade de pressurização das cabines (após uma tentativa de voar mais alto para

¹ Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2019/08/como-o-primeiro-acidente-aereo-comercial-da-historia-levou-a-pressurizacao-das-cabines-de-voo.shtml> Acesso em 09/12/2020 às 16h:03min

evitar as possíveis colisões mas que também acabou em órbita devido a diminuição da pressão em altas altitudes).

vm.br/mundo/2019/08/como-o-primeiro-acidente-aereo-comercial-da-historia-levou-a-pressurizacao-das-cabines-de-voo.shtml

BBC NEWS

Como o primeiro acidente aéreo comercial da história levou à pressurização das cabines de voo

Voo do primeiro serviço aéreo no EUA terminou em tragédia devido a problema solucionado em alturas nunca antes exploradas



Redação - BBC News Mundo

recu

Experimento 3

Nome do experimento	Enchendo uma bexiga dentro da garrafa
Materiais	Uma bexiga Uma garrafa de vidro Água Quente Luva culinária Um recipiente com água fria
Tempo de Execução	5 minutos
Nível de Dificuldade	Fácil

Procedimento:

- 1-Encher uma garrafa de vidro com água quente.
- 2-Esvaziar e encaixar a bexiga na boca da garrafa.
- 3- Colocar a garrafa em um recipiente com água fria e observar.
- 4- Escutar as possíveis explicações dos alunos e depois complementar com as explicações necessárias.



Imagens da autora

Comentários: A bexiga encherá para dentro da garrafa porque a pressão dentro do vidro começará a cair enquanto ela esfria. A pressão atmosférica empurrará o ar para dentro da garrafa, enchendo a bexiga. O interessante é que, no final, o ponto de equilíbrio será alcançado com a bexiga cheia dentro da garrafa.

Contextualizando: Durante um mergulho, a cada 10 metros que o mergulhador descer, a pressão atmosférica aumenta 1 atm (isso equivale a 100000 N/m^2). O recorde oficial de Mergulho Mais Profundo pertence a Ahmed Gamal Gabr, mergulhador egípcio que alcançou 332,35 metros de profundidade em alto mar. Foram 15 minutos para realizar a descida completa e cerca de 13 horas para retornar à superfície².

Considerações finais: Dentro dos princípios da aprendizagem significativa crítica, foram usados os seguintes:

Princípios Programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA)	
Aula 02- Pressão Atmosférica e Pressão Hidrostática	
Conhecimento Prévio	✓
Conhecimento como linguagem	✓
Interação Social e do Questionamento	✓
Diversidade de materiais	✓
Abandono da Narrativa	✓
O aprendiz como receptor/representador	✓
Aprendizagem pelo erro	✓

² Retirado de: <https://www.evidive.com.br/maior-profundidade/>

Essa aula começou pela demonstração do experimento 3. Após fazer a demonstração, perguntei aos alunos se alguém conseguiria responder o que levaria o balão a encher para dentro da garrafa (sondagem do conhecimento prévio com a promoção da interação social e do questionamento). Muitos alunos responderam, alguns via microfone, outros via chat, que seria por causa da pressão.

Então fiz a apresentação da aula e comecei a explicação. Nos exemplos citados tentei, ao máximo, demonstrar aos alunos que a questão central está na diferença de pressão e não na pressão atmosférica em si. Isso levaria o aluno ao princípio da aprendizagem pelo erro, visto que o cérebro diante do novo conhecimento teria que remodelar o esquema mental já construído para acolher essa informação.

A leitura da reportagem sobre o acidente que levou à pressurização das cabines dos aviões é um exemplo da utilização da diversidade de materiais. Ao longo das aulas os alunos são indagados, questionados, instigados a responder, participar sendo agentes ativos da construção do conhecimento.

AULA 03-VASOS COMUNICANTES. TEOREMA DE STEVIN

Chamamos de vasos comunicantes recipientes que são interligados de tal maneira que o fluido contido neles possam interagir entre si. Um exemplo muito didático é o regador de plantas. O bico e “a bacia” do regador estão ligados entre si.

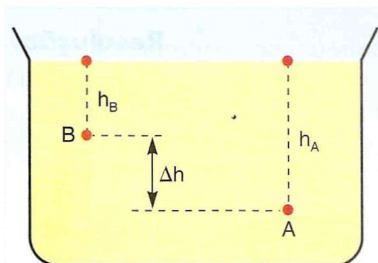


Figura disponível no banco de imagens Freepik, disponível em: <https://br.freepik.com> com acesso em 12/12/2020 às 10h30min.

Vimos que a pressão exercida em um ponto do recipiente é dada por:

$$p_{\text{total}} = p_{\text{atmosférica}} + dgh$$

Agora imagine dois pontos, A e B, situados em um mesmo recipiente, como ilustrado na imagem:



Retirado de: <https://www.stoodi.com.br/blog/fisica/teorema-de-stevin/> acesso em 12/12/2020 às 10h34min.

Sabendo que a pressão exercida no ponto B é dada por:

$$p_B = p_{\text{atmosférica}} + dgh_B$$

E a pressão exercida no ponto A é dada por:

$$p_A = p_{\text{atmosférica}} + dgh_A$$

Podemos calcular a diferença de pressão (Δp) entre os pontos A e B. Como sabemos, a pressão no ponto A será maior que no ponto B, então teremos que:

$$\Delta p = p_A - p_B$$

Substituindo as equações 1 e 2 na equação 3, teremos:

$$\Delta p = p_{\text{atmosférica}} + dgh_A - (p_{\text{atmosférica}} + dgh_B)$$

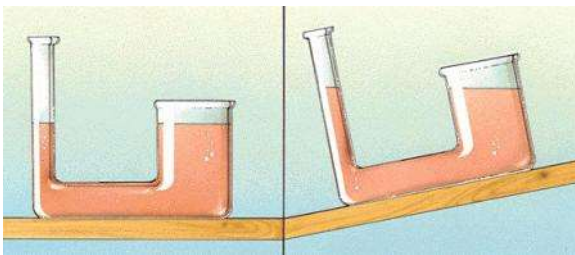
$$\Delta p = dgh_A - (dgh_B)$$

$$\Delta p = dg(h_A - h_B)$$

$$\Delta p = dg\Delta h$$

Imagine agora dois pontos que estejam a uma mesma altura dentro do recipiente; sendo assim, na equação acima, $\Delta h = 0$ o que resultaria em $\Delta p = 0$. Portanto, todos os pontos que estão em um mesmo nível possuem a mesma pressão, que é uma forma de enunciar o teorema de Stevin.

Ao colocar um líquido em um sistema de vasos comunicantes, a altura atingida por este é a mesma em todos os vasos (mesmo que os vasos tenham formatos totalmente diferentes) e, até mesmo, quando inclinamos o conjunto.



Retirado de: <https://natureduca.com/fisica-estatica-de-fluidos-hidrostatica-03.php>, acesso em 12/12/2020 às 11h01min

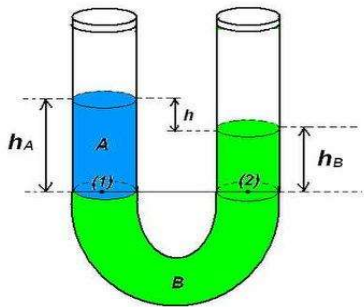
É possível encontrar aplicações dos vasos comunicantes em muitos dispositivos utilizados no nosso dia a dia. Por exemplo: o reservatório de água das cidades fica na parte mais alta da cidade e assim o abastecimento da água nas casas pode ser feito sem a necessidade de trabalho mecânico.

Os pedreiros fazem o nivelamento de paredes usando um sistema de vasos comunicantes no qual as extremidades de uma mangueira é usada como tubos comunicantes. O sistema de sifão usados em vasos também é uma aplicação direta dos vasos comunicantes.

Tubos comunicantes em Forma de U

Imagine que no tubo abaixo representado colocam-se dois líquidos que não se misturam, o primeiro tem uma densidade D_A e o segundo D_B . Se considerarmos

dois pontos 1 e 2 que estão em uma mesma horizontal, sabemos pelo teorema de Stevin que eles terão pressões iguais.



Retirado de: <https://www.wikiwand.com/pt> acesso em 12/12/2020 às 12h45min

Assim,

$$p_1 = p_2$$

$$d_A h_A = d_B h_B$$

A densidade de cada líquido é inversamente proporcional à altura h da interface dos líquidos na linha 1-2. O líquido que atinge maior altura é o menos denso e o que atinge menor altura é o mais denso.

Roteiro do experimento Experimento

Nome do experimento	Vasos Comunicantes
Materiais	Cinco garrafas do Tipo Pet, com tamanhos, formas e volumes diferentes; Um cano de água de 40 mm com 50 cm de comprimento; Dois CAP Pvc de 40 mm; Cola instantânea; Sal (opcional); Corante (opcional); Uma jarra com água; Uma chave de fenda aquecida para furar o cano;
Tempo de Execução	50 minutos
Nível de Dificuldade	Médio

Procedimento:

- 1- Com a chave de fenda aquecida, fazer cinco círculos vazados no cano do tamanho da boca das garrafas selecionadas;
- 2- Retirar o rótulo, a tampa e o lacre das garrafas;
- 3- Cortar o fundo das garrafas;
- 4- Posicioná-las de acordo com a sua preferência;

- 5- Usando a cola instantânea e o sal preencher os espaços entre o cano e as bocas das garrafas;
- 6- Escolher uma garrafa para preencher totalmente com água e verificar se há vazamento;
- 7- Caso haja vazamento, utilizar novamente a cola e o sal. Se não houver, o experimento estará pronto e, para usá-lo, é necessário, com o auxílio da jarra, colocar água com corante em qualquer uma das garrafas;
- 8- Pedir aos alunos para observarem o que ocorreu;
- 9- Inclinar o equipamento e pedir para observarem novamente;
- 10- Após o levantamento de hipóteses, realizar a explanação.



Foto do trabalho pronto.



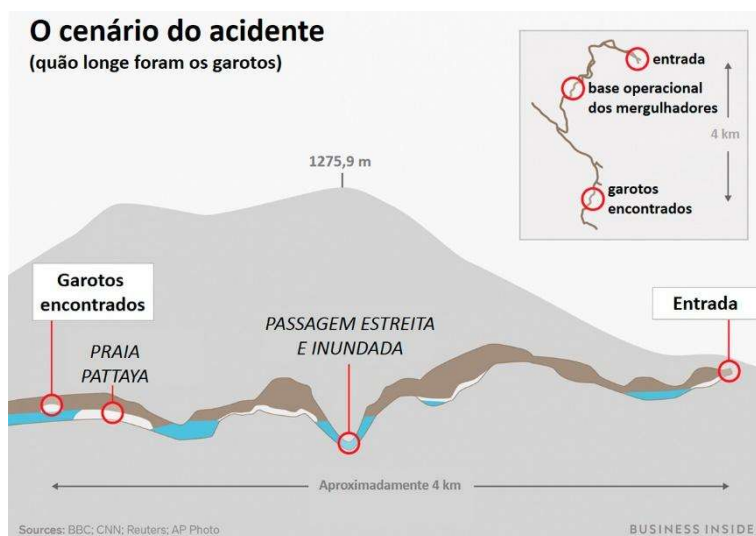
Foto do trabalho durante a exposição em aula.

Comentário: Conforme o teorema de Stevin prevê, a pressão exercida por um mesmo líquido depende da altura da coluna de líquido acima do ponto em consideração. No experimento verifica-se que em todos os recipientes, embora tenham formas e volumes diferentes, a altura atingida pela coluna d'água é a mesma comprovando o teorema de Stevin, uma vez que a altura sendo a mesma a pressão naquele ponto também será.

Contextualizando: a imagem abaixo representa um vídeo³ que esclarece sobre a Física envolvida no acidente tailandês.



Fugindo de uma tempestade repentina, um time de jovens jogadores da Tailândia, abrigaram-se em um complexo de cavernas, o que dificultou o resgate que só foi completado após dezessete dias. Esse complexo de cavernas, ligadas por túneis, corresponde ao que conhecemos por vasos comunicantes.

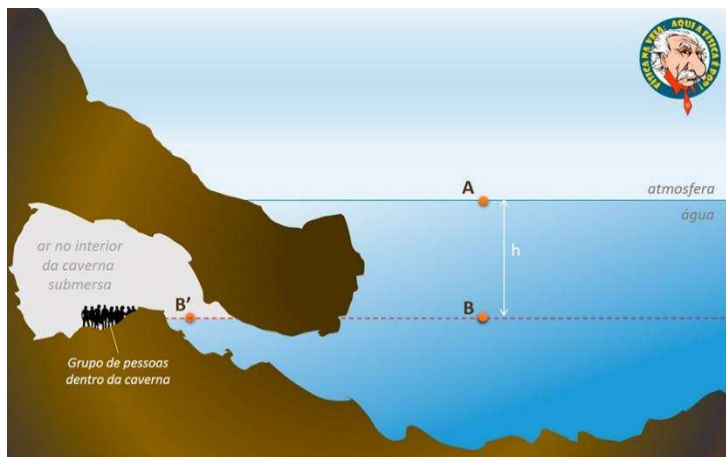


Retirado de: <https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2018/07/12/a-fisica-por-tras-do-acidente-com-os-garotos-da-tailandia/> acesso em 14/12/2020 às 08h05min.

À medida em que se afastavam da entrada da caverna, a água da chuva ia penetrando em outras câmaras, preenchendo os espaços vazios e obrigando os garotos a irem cada vez mais para dentro do complexo. Em um dado instante, o nível da água se estabilizou, conforme previsto pelo teorema de Stevin e foi possível que o grupo ficasse em terra firme, mesmo que presos dentro da câmara com oxigênio suficiente para esperarem o resgate.

³ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=flzeCNqVdAo>

Acesso em 13/12/2020 às 18h22min



Retirado de: <https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2018/07/12/a-fisica-por-tras-do-acidente-com-os-garotos-da-tailandia/> acesso em 14/12/2020 às 08h15min.

A explicação a seguir, apresentada no blog Física na veia, ilustra como foi possível que a pressão se mantivesse agradável à vida humana dentro do complexo.

“A pressão do ar dentro da caverna (p_B) é a mesma no ponto B (p_B). E, pelo Princípio de Stevin:

$$p'_B = p_B = p_A + dgh = p_{atm} + dgh$$

Desde que o desnível h não seja muito grande, a pressão do ar dentro da caverna (p'_B) será ligeiramente superior à pressão atmosférica local (p_{atm}) e o ar dentro da caverna será perfeito e, confortavelmente, respirável. A rigor, a cada 10 m que descemos na água, a pressão hidrostática ($d.g.h$) aumenta o equivalente a 1 atm = 100000Pa.

Considerações finais: Nesta aula os princípios programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica abordados foram:

Princípios Programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA)	
Aula 01- Pressão e Densidade	
Conhecimento como linguagem	✓
Diversidade de estratégias	✓
Interação Social e do Questionamento	✓
Abandono da Narrativa	✓
O aprendiz como receptor/representador	✓
Aprendizagem pelo erro	✓

No decorrer da aula os alunos são questionados sobre o que já sabem a respeito do assunto da aula. Comecei fazendo algumas perguntas: como funciona o

nível usado pelos pedreiros em uma construção? Por que a caixa d'água de uma cidade está sempre na parte mais alta? Ao realizar esses questionamentos, produzimos uma reflexão acerca dos significados já adquiridos em relação ao conteúdo, mantendo um diálogo indagador sobre as questões levantadas.

Ao demonstrar o experimento e explicar como ele foi construído, perguntei aos alunos sobre qual recipiente encheria primeiro. Uma grande parte deles disseram que seria o menor e, após a demonstração e explicação, puderam reajustar o modelo mental explicativo sobre o tema abordado conforme sugere o princípio da aprendizagem pelo erro.

O vídeo sobre o acidente com o time de futebol tailandês (diversidade de estratégias) e a posterior explanação com esquemas e figuras interligando o resgate do time à aplicação prática do princípio visto em aula permite uma conexão entre teoria e prática e possibilita o aprendiz usar a nova linguagem do conhecimento adquirido para perceber o mundo de uma nova forma, em conformidade com o princípio do conhecimento como linguagem.

AULA 04-PRINCÍPIO DE PASCAL

Observe essa imagem:



Disponível em:

https://stock.adobe.com/pt/search?load_type=search&native_visual_search=&similar_content_id=&is_recent_search=&search_type=usertyped&k=garrafa+de+agua&asset_id=448775519 acesso em 14/12/2020 às 8h35min.

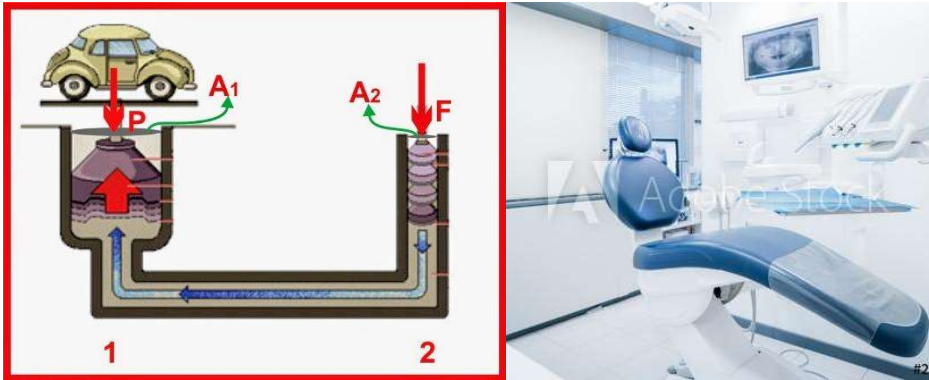
Seria possível o garotinho beber água sem encostar a garrafa na boca? O que aconteceria se ele apertasse o fundo da garrafa? Certamente a água atingiria a boca do menino mesmo com a garrafa sem encostar na sua boca!

Quando o garoto pressiona a garrafa na parte de baixo, ele produzirá uma diferença de pressão neste ponto que será transferida para todos os outros pontos da água fazendo com que a água seja expelida pela garrafa.

Essa transmissão de pressão por todos os pontos dos fluidos foi investigada pelo matemático, escritor, físico, inventor, filósofo e teólogo católico - Blaise Pascal – que, em 1652, baseado em suas observações, propôs o enunciado do que mais tarde ficaria reconhecido com princípio de Pascal:

A variação da pressão aplicada em um ponto do fluido contido em um recipiente se transmite *integralmente* a todas as partes do líquido e às paredes do recipiente.

Esse princípio é a base do funcionamento das máquinas hidráulicas como o elevador hidráulico, sistema de freios e até mesmo a cadeira do dentista.



Retirado de: <http://parquedaciencia.blogspot.com/2014/11/o-elevador-hidraulico.html>
 acesso em 14/12/2020 às 09h36min

Na figura acima, a força feita sobre o êmbolo de menor área causa um aumento de pressão sobre o fluido que será transmitida integralmente a todos os pontos dele até chegar ao êmbolo de maior área, fazendo com que uma força de baixo para cima empurre-o e desloque o carro verticalmente para cima.

Pelo princípio de Pascal, a pressão exercida no êmbolo menor é transferida igualmente a todos os pontos até chegar ao êmbolo maior. Assim, podemos escrever que:

$$p_1 = p_2$$

E, lembrando da definição de pressão:

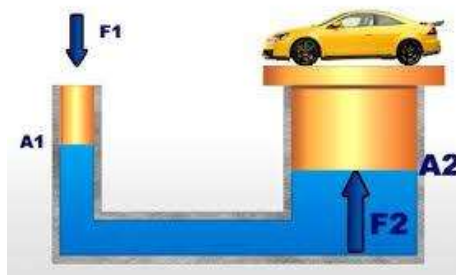
$$p = \frac{F}{A}$$

Então temos que:

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

A força e a área, nesta equação, são diretamente proporcionais. Assim, podemos falar que o sistema hidráulico é um multiplicador de forças.

Imagine que o carro da figura tenha uma massa de 1200 kg e que o êmbolo maior tenha uma área de 0,5 m² e o menor tenha uma área de 0,1 m². Qual seria a força mínima que você faria para levantar esse carro sem o uso do elevador hidráulico?



Retirado de: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=23322> acesso em 14/12/2020 às 10h15min

Para levantar o carro deveríamos fazer uma força mínima equivalente ao seu peso. Dessa forma:

$$F = P = m \cdot g$$

$$F = 1200 \cdot 10$$

$$F = 12000 \text{ N}$$

Uma força de 12000 N é bastante relevante! Não seria fácil levantar esse carro, não é mesmo?

No elevador hidráulico precisaríamos de uma forma muito menor. Observe:

$$\frac{f}{0,1} = \frac{12000}{0,5}$$

$$f = 2400 \text{ N}$$

Percebe-se que usando o elevador hidráulico seria necessário uma força cinco vezes menor. Ou seja: nesse exemplo uma força de 2400N feita no êmbolo maior será multiplicada por 5 e chegará ao êmbolo maior tendo um valor de 12000N.

Roteiro dos experimentos Experimento 1

Nome do experimento	Elevador Hidráulico
Materiais	Palito picolé; Uma seringa de 10ml; Uma seringa de 20ml; 40cm mangueira de água de para brisa de carro; Uma base lisa; 8 tarap; Água com corante; Tachinhas.
Tempo de Execução	50 minutos
Nível de Dificuldade	Médio

Procedimento:

- 1- Marcar os palitos corretamente;
- 2-Depois encaixar as tachinhas uma a uma nos pontos em x;
- 3-Fixar uma base do elevador na base, deixando uma livre;
- 4-Completar as duas seringas com água tirando todo ar;
- 5-Posicionar uma seringa de 10ml na base solta do elevador e a de 20ml na outra extremidade da base que sustenta o trabalho;
- 6-Estando todas fixadas e só apertar a seringa de 20ml, fazendo o elevador funcionar.

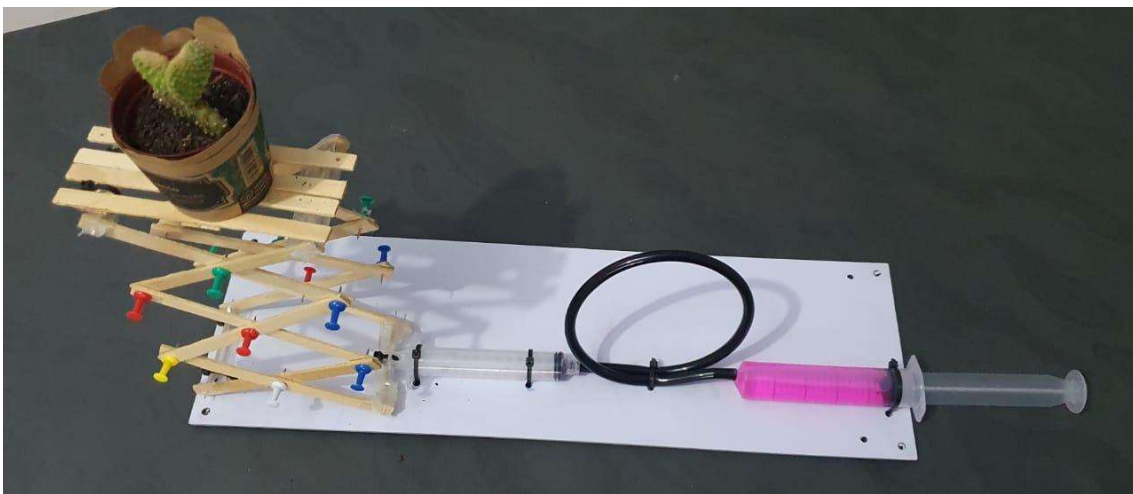
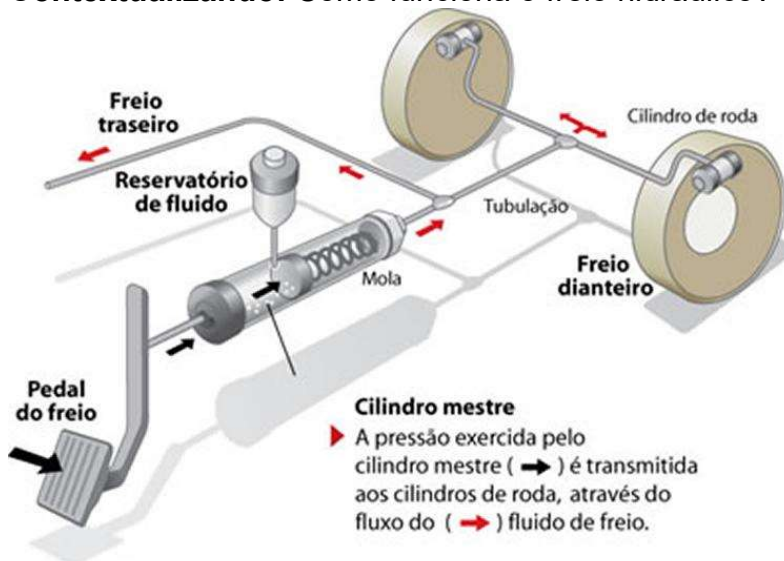


Foto da autora

Comentário: O princípio de Pascal afirma que uma diferença de pressão é transmitida integralmente a todos os pontos de um fluido. Quando aumentamos a pressão num êmbolo (no caso, apertando a seringa) essa pressão gerada chegará ao outro êmbolo (a outra seringa) que resultará em uma força vertical para cima na base do elevador que, por ser articulada, terá sua plataforma elevada.

Contextualizando: Como funciona o freio hidráulico?



Retirado de: <http://blog.carlinder.com.br/2017/05/17/como-freio-funciona/> acesso em 14/12/2020 às 14h03min

Quando pisamos no pedal pressionamos o cilindro mestre que faz com que o fluido percorra todo o sistema chegando em cada roda e enchendo seus cilindros. Eles empurram as pastilhas de freio que irão apertar as pastilhas de freio que, por sua vez, diminuirão a velocidade de rotação das rodas, diminuindo a velocidade do automóvel fazendo com que ele possa parar.

O cilindro que está conectado à roda tem área nove vezes maior que a área do cilindro mestre, fazendo com que a força aplicada no pedal seja multiplicada nove vezes nas rodas.

Experimento 2

Nome do experimento	Guindaste Hidráulico
Materiais	Um suporte de madeira 09 abraçadeiras 03 dobradiças 05 pedaços de madeira 3 seringas de 3 ml 3 seringas de 10 ml Corante 1 metro de mangueira de aquário Dois pedaço de cano de pvc de 25mm Uma garrafa phet Cola quente Corante
Tempo de Execução	50 minutos

Nível de Dificuldade	Difícil
-----------------------------	----------------

Procedimento:

- 1- Inicialmente é necessário unir os três menores pedaços de madeira com as dobradiças. Eles farão o braço do robô.
- 2- Cortar o bico da garrafa pet e depois dividir em quatro partes, fazendo cortes transversais.
- 3- Parafusar cada parte na base do experimento.
- 4- Fazer um furo na tampinha e parafusar o pé do guindaste nela.
- 5- Com uma abraçadeira fixar a seringa de 3ml na madeira que ficou perpendicular ao suporte.
- 6-Fazer um furo que atravesse o cano de pvc e alargue um deles.
- 7-Parafusar o cano na madeira do meio do braço do guindaste e prender a seringa de 3ml no cano com o uso de cola quente. Fazer um pequeno furo na parte superior da seringa e prender no braço de cima.
- 8- Parafusar o outro pedaço de cano numa base de madeira ainda não utilizada e fixar a outra seringa de 3 ml usando cola quente. Fazer um pequeno furo na parte superior da seringa.
- 9-Ao lado do guindaste, prender um parafuso “em L” de maneira que o cabo do parafuso coincida com o centro da base da seringa. Encaixar a parte em L do parafuso no buraco feito na seringa.
- 10- Fixar a madeira no apoio.
- 11- Fechar as seringas menores e encher as maiores de água com corante (para cada seringa maior um corante de cor diferente). Fixar as seringas maiores.

Comentário:

Foto da autora

Contextualizando: Vantagens e desvantagens dos freios hidráulicos - Esse sistema de freio apresenta algumas vantagens significativas: melhor performance de frenagem com menor distância de parada em comparação com freios a tambor; melhor resistência a altas temperaturas e manutenção mais simples. A maior desvantagem é que está sujeito à contaminação por agentes externos, como poeira, lama e cascalho. São colocados, geralmente em rodas dianteiras de carros de passeio. Em automóveis sofisticados, esse sistema também é aplicado nas rodas do eixo traseiro.

Considerações finais: Dentro dos princípios da aprendizagem significativa crítica, foram usados os seguintes:

Princípios Programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA)	
Aula 01- Pressão e Densidade	
Conhecimento Prévio	✓
Conhecimento como linguagem	✓
Interação Social e do Questionamento	✓
Diversidade de materiais	✓
Abandono da Narrativa	✓
O aprendiz como receptor/representador	✓
Consciência Semântica	✓

A análise da imagem inicial tenta fazer com que o tema da aula seja familiar ao aluno, fazer com que os conhecimentos prévios sejam sondados e fazer com que haja uma interação dialogada, direcionada e dirigida (sondagem do conhecimento prévio, princípio da interação social e do questionamento, o aprendiz como receptor).

Os experimentos apresentados permeiam o princípio da diversidade de matérias mesmo que com aulas *online*. O aluno é capaz de visualizar o princípio físico colocado em prática, ao vivo, na mesma hora em que ocorre.

A parte do “contextualizando” possibilita ao estudante ler o mundo a partir do conhecimento trabalhado e reajustado em seu modelo mental.

AULA 05-EMPUXO E PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Quando estamos imersos em água (em uma piscina ou em um rio) nos sentimos mais leves; o que permite uma maior facilidade para carregar um objeto que, caso estivéssemos de fora da água, seria muito mais difícil. Essa é uma constatação que qualquer pessoa pode observar, porém, a explicação sobre o porquê esse fato começou com Arquimedes, um célebre engenheiro e matemático que viveu de 287 a.C a 212 a.C.

Existe uma lenda sobre o que exatamente Arquimedes fez em relação a essa constatação. Ela diz que na cidade de Siracusa, na Grécia Antiga, existia um rei chamado Hieron que mandou fazer uma coroa de ouro, mas ficou desconfiado de que o ourives não havia usado apenas ouro para fazer a coroa embora ela fosse toda dourada e visivelmente parecia inteiriça de ouro. Na época, Arquimedes já era um notável cientista que havia desenvolvido várias invenções como a catapulta e o uso das alavancas para mover coisas pesadas. O rei pediu a Arquimedes que o ajudasse a saber se a coroa era somente de ouro, mas, com a condição de não danificá-la.

Um belo dia, entretido com seus pensamentos sobre a ajuda pedida pelo rei, Arquimedes foi tomar banho em uma banheira completamente cheia de água e ao mergulhar notou que o nível da água subia, transbordando um certo volume. Nesse momento, Arquimedes teve uma brilhante ideia e, conforme diz a lenda, saiu nu da banheira gritando “Eureka, Eureka”, que significa descobri, descobri! Mas o que será que ele havia descoberto?

Para comprovar se a coroa teria sido feita somente de ouro, Arquimedes pensou em uma experiência: colocou uma barra de ouro, de mesma massa que a coroa do rei, dentro de um recipiente completamente cheio de água e recolheu, em outro recipiente, o volume de água que era extravasado ao se mergulhar a barra. Em seguida repetiu o mesmo procedimento para uma barra de prata, de mesma massa, e após isso refez o processo para a coroa do rei.

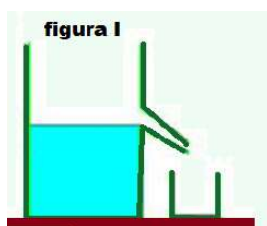
Ao final, ele tinha três recipientes com água para comparar os volumes que haviam sido extravasados. Observou-se que o volume que transbordou quando mergulhou o bloco de ouro era menor que o volume de água quando mergulhou o bloco de prata. E que o volume de água que transbordou ao colocar a coroa era maior que o do bloco de ouro e menor do que o do bloco de prata.

Arquimedes concluiu então que a coroa era feita de uma mistura de prata e ouro. O que aconteceu com o ourives não se sabe, mas esse momento deu origem ao que hoje conhecemos como Princípio de Arquimedes.

Toda vez que um corpo encontra-se imerso em um fluido ele sofre a ação de uma força vertical, de baixo para cima, que recebe o nome de Empuxo. O valor dessa força foi descoberto por Arquimedes, que enunciou o Princípio a seguir:

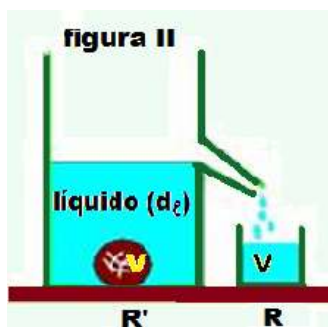
Todo objeto imerso em um fluido sofre uma força, vertical para cima, cujo módulo é igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto.

Para chegarmos a expressão matemática do valor do Empuxo vamos considerar um líquido qualquer de densidade (d_L) contido em um recipiente que possui uma abertura conforme visto na figura.



Retirado de: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/> acesso em 16/12/2020 às 08h34min.

Consideramos agora um corpo de densidade (d_C) cujo valor é superior à densidade do líquido e será colocado dentro do recipiente ficando totalmente submerso fazendo com que um pouco desse líquido transborde e seja captado por um segundo recipiente conforme figura abaixo.



Retirado de: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/> acesso em 16/12/2020 às 08h38min..

Pelo princípio de Arquimedes temos que:

$$E = P_{FD}$$

Sendo P_{FD} , o peso do líquido deslocado (que foi recolhido pelo segundo recipiente). O peso é dado por:

$$P_{FD} = m_{FD} \cdot g$$

E, conhecendo a densidade do líquido, podemos encontrar o valor da massa deslocada através da densidade:

$$d_L = \frac{m_{LD}}{V_D}$$

$$m_{LD} = d_L \cdot V_D$$

Temos então que:

$$E = d_L \cdot V_D \cdot g$$

Símbolo	Grandeza	Unidade no SI
E	Empuxo	N
d_L	Densidade do fluido	kg/m ³
V_{LD}	Volume deslocado pelo fluido	m ³
g	Gravidade	m/s ²

Fonte: Autora.

O volume deslocado será igual ao volume que o corpo encontra-se submerso. Isso facilitará o entendimento no momento dos cálculos.

Ao se colocar um objeto dentro de um fluido este pode flutuar, afundar ou ficar em equilíbrio. O que define isto é a relação entre o empuxo exercido pelo fluido (E) e o peso do corpo (P_C).

➤ **Empuxo maior que o Peso (o corpo flutua):**

$$E > P_C$$

$$d_L \cdot V_{LD} \cdot g > d_C \cdot V_C \cdot g$$

No caso do objeto estar totalmente imerso no líquido, $V_{LD} = V_C$, então:

$$d_L > d_C$$

➤ **Empuxo menor que o Peso (o corpo afunda):**

$$E < P_C$$

$$d_L \cdot V_{LD} \cdot g < d_C \cdot V_C \cdot g$$

Neste caso o objeto estará totalmente imerso no líquido, $V_{LD} = V_C$, portanto:

$$d_L < d_C$$

➤ **Empuxo igual ao Peso (o corpo fica em equilíbrio):**

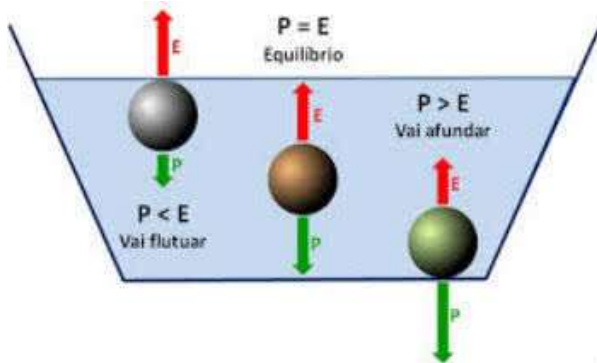
$$E = P_C$$

$$d_L \cdot V_{LD} \cdot g = d_C \cdot V_C \cdot g$$

Neste caso o objeto estará totalmente imerso no líquido, $V_{LD} = V_C$, portanto:

$$d_L = d_C$$

Resumindo:



Roteiro dos experimentos

Experimento 1

Nome do experimento	Afunda ou flutua
Materiais	Um pedaço de massinha de modelar Um recipiente com água Uma balança digital
Tempo de Execução	10 minutos
Nível de Dificuldade	Fácil

Procedimento:

- 1- Pesar a massinha de modelar com a balança digital.
- 2- Com as mãos modelar a massinha como um casco de navio.
- 3- Colocar o casco dentro da água e observar que ele flutuará.
- 4- Retirar o casco da água e fazer uma bolinha com a massa de modelar.
- 5- Pesar a bolinha na balança.
- 6- Colocar novamente na água.



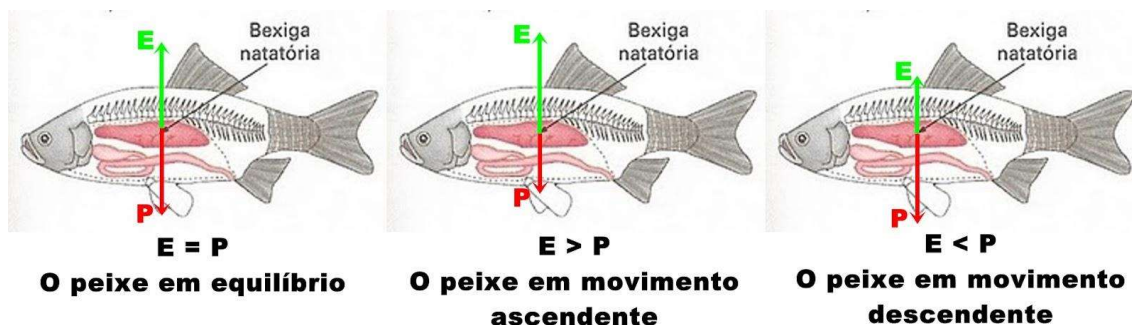
Fotos da Autora

Comentários: Embora a massa da bolinha nos dois casos seja a mesma, a sua densidade não é, uma vez que variamos o volume do corpo quando enrolamos a massa de modelar e obtivemos a bolinha. O Empuxo de um corpo depende de três fatores: líquido deslocado, gravidade do local (esses não variaram no experimento) e o volume de líquido deslocado (que foi o que mudou da primeira para a segunda situação). A massinha em forma de casco de navio desloca um volume de água maior, fazendo com que ocorra um aumento do empuxo e então o corpo flutua.

Contextualizando: Algumas espécies de peixes possuem bexiga natatória que é uma espécie de bolsa que contém paredes finas e bastante irrigadas. Esse órgão é responsável pela flutuabilidade do animal e permite que ele flutue ou afunde.

A relação entre a força peso e o Empuxo é o que faz com que o animal flutue ou afunde. Como vimos, o Empuxo depende do volume deslocado e, embora não possa alterar a sua massa, o peixe consegue alterar o volume de gás dentro da sua bexiga natatória. Quando quer emergir ele enche a bexiga de ar e aumenta o volume deslocado, aumentando consequentemente o valor da força de empuxo.

Se pretende submergir, ele esvazia um pouco a bexiga natatória fazendo diminuir o volume deslocado e diminuindo assim o empuxo, fazendo com que este se torne menor que o peso. Se pretende ficar equilibrado o peixe enche a bexiga até o ponto em que o empuxo tenha o mesmo valor do peso.



Retirado de: <https://cromosomoswiki.blogspot.com/2017/02/bexiga-natatoria-dos-peixes.html> em 16/12/2020 às 12h27min.

Experimento 2

Nome do experimento	Calculando o empuxo
Materiais	Um pedaço de madeira Uma garrafa pet Uma caneta com tubo transparente Balança digital Um copo Um pedaço de fita isolante
Tempo de Execução	10 minutos
Nível de Dificuldade	Fácil

Procedimento:

- 1- Cortar a garrafa pet um pouco abaixo da boca.
- 2- Cortar um pedaço (mais ou menos uns três dedos) do tubo da caneta.
- 3- Tapar o burquinho do tubo com um pedaço de fita isolante.
- 4- Vedar a saída do tubo de caneta com a ponta da caneta.
- 5- Encher a garrafa pet com água até o nível do tubo da caneta.
- 6- Colocar o pedaço de madeira dentro do recipiente e pesar o conjunto.
- 7- Usando a balança digital, pesar o copo.
- 8- Tirar a vedação do tubo da caneta e recolher a água que transbordará com o copo.
Tenha o cuidado de deslocar o copo a medida que a parábola descrita pela água for diminuindo para que assim o volume máximo de água transbordado seja apanhado.
- 9- Pesar o conjunto - copo + água transbordada para descobrir qual a massa de água que extravasou da garrafa pet quando o corpo de madeira foi colocado no seu interior.



Foto da Autora

Comentários: Segundo o Teorema de Arquimedes, o peso do líquido deslocado é igual ao Empuxo sofrido pelo bloco de madeira ao ser submerso na água. Assim, adotando a gravidade como 10m/s^2 e lembrando que $P=m \cdot g$, poderemos calcular o valor do empuxo que atua sobre o corpo.

Contextualizando: Certas amostras de crocodilos costumam boiar com uma fração generosa do corpo para fora a água. Porém, ao se aproximar de uma presa essas espécies engolem pedras do local, aumentando sua densidade e podendo se aproximar das presas sem ser notado.

Considerações finais: Na aula dada, foram abordados os seguintes princípios da aprendizagem significativa crítica:

Princípios Programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA)	
Aula 05- Empuxo e Princípio de Arquimedes	
Conhecimento Prévio	✓
Conhecimento como linguagem	✓
Interação Social e do Questionamento	✓
Diversidade de materiais	✓
O aprendiz como receptor/representador	✓

A pergunta inicial da aula foi: por que conseguimos carregar facilmente uma pessoa (por exemplo nossa mãe) dentro de uma piscina com água e de fora da água essa tarefa se torna mais difícil? A proposta é fazer a sondagem dos conhecimentos

prévios que os estudantes têm a respeito do tema, bem como promover o princípio da interação social e do questionamento e colocar o aluno como receptor.

As demonstrações experimentais atingem o princípio da diversidade de materiais e permite ao aluno juntamente com o bloco contextualizando fazer uma leitura crítica do mundo, integrando o conhecimento agregado com situações reais vivenciadas no cotidiano do estudante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto foi criado com o intuito de promover uma sequência didática pautada nos princípios pragmáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e no desenvolvimento de experimentos de baixo custo sobre o tema Hidrostática.

Tal sequência foi desenvolvida ao longo da pandemia mundial da COVID-19 e, por este motivo, foi implementada de forma online, utilizando-se a plataforma Zoom. Ainda assim, foi possível aplicar a teoria proposta e elaborar aulas pautadas na interação social e no questionamento, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema e buscando com que o estudante, a partir dos novos conhecimentos adquiridos faça uma leitura crítica do mundo.

Os experimentos foram efetuados com materiais de baixo custo e em cada aula foi apresentado um passo-a-passo de como desenvolvê-los, bem como o tempo médio de execução e o nível de dificuldade. A sequência didática também trouxe uma explicação física para o fenômeno observado com vista no conteúdo aprendido e o tópico contextualizando onde foi possível fazer um link entre o que conteúdo e o cotidiano do estudante. Este tópico chamou a atenção dos estudantes e se mostrou de grande eficácia para um maior interesse por parte dos participantes.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Fernando J. **Paulo Freire**. Folha Explica, v. 81. São Paulo: Publifolha. 95p. 2009.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. **Um estudo exploratório sobre as potencialidades do diagrama AVM na aprendizagem significativa de tópicos de Física**. Madrid: V EIAS, 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BRUNER, J. **O processo da educação**. São Paulo: Nacional, 1976.

FINKEL, Don. **Dar clase con la boca cerrada**. Valencia: Publications de la Universitat de Valencia. Tradução para o espanhol do original Teaching with your mouth shut. 292p, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. 27ª ed. São Paulo: Paz e Terra. 148p. 2003.

GOWIN, D.B. and ALVAREZ, M. **The art of educating with V diagrams**. New York, Cambridge University Press, 2005.

GOWIN, D. Bob. **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 210 p. 1981.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.

JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). **Mental models**. Cambridge, MA, Harvard University Press. 513p.

LOPES, Rivo. A hidrostática ensinada através de experimentações em sala de aula. 2020. 147f. Dissertação (Mestrado Nacional em Pesquisa e Ensino de Física)- Universidade Federal de Catalão, Catalão.

MICHAELIS, **Dicionário Online de Português**. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=fluido>. Acesso em: 27/08/2021.

MOON, Richard E. Doença de descompressão (Mal da descompressão; doença do caixão; doença dos mergulhadores. **Manual MSD**. Versão Saúde para a Família. 2019. Duke University Medical Center Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/les%C3%B5es-e-envenenamentos/les%C3%B5es-por-mergulho-e-ar-comprimido/doen%C3%A7a-de-descompress%C3%A3o> Acesso em 14/10/2021

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica subversiva**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro, 2000.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2005.

_____. **Aprendizagem significativa**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista cultural La Laguna Espanha, 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2021.

_____. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da física, 2011.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa. Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português, de Carla Valadares, do original **Learning how to learn**. 212p, 1996.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co. 219p. 1969.

RODRIGUEZ PALMERO, M. L. **La teoria del aprendizaje significativo em la perspectiva de la psicologia cognitiva**. Editora Octaedro, S.L., 2008.

VERGNAUD, G. **La théorie des champs conceptuels**. Recherches em Didactique des Mathématiques, 133-170, 1990.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky, Física I: Mecânica**. 12 ed. Addison Wesley, São Paulo, 2007.