

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

ALESSANDRO RAFAEL MICHEL

**COMPARATIVO ENTRE DUAS METODOLOGIAS DE ENSINO ENVOLVENDO
EXPERIMENTAÇÃO PARA AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

São Leopoldo

2019

ALESSANDRO RAFAEL MICHEL

**COMPARATIVO ENTRE DUAS METODOLOGIAS DE ENSINO ENVOLVENDO
EXPERIMENTAÇÃO PARA AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em
Física, pelo Curso de Licenciatura Em
Física da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos - UNISINOS

Orientador(a): Prof.(a). Dr.(a). Cândida Cristina Klein

São Leopoldo

2019

Dedico este trabalho à todas as pessoas que me apoiaram não só agora, mas durante todo processo de graduação: minha esposa e filhos, mãe e pai, irmãos e demais familiares, amigos e professores que sempre me acompanharam.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a comparação do desempenho e eficácia da aplicação de duas metodologias distintas de ensino de Física, cujas unidades de ensino tratam do tema hidrostática, e possuem foco na aprendizagem do aluno. Embasando-se nas teorias Ausubeliana e Vygotskyana, os planos de ensino de cada unidade são diferentes em sua metodologia. Enquanto uma metodologia contempla aulas expositivas dialogadas, utilizando o experimento como desfecho para compreensão, fixação e revisão de conceitos, a outra apresenta-o no início de cada aula, e constrói o conhecimento dos alunos a partir das observações, discussões e análises feitas. A comparação metodológica, baseada no desempenho dos alunos em provas, além da análise da evolução do mapa conceitual do conhecimento de cada turma, construído a partir de respostas coletadas mediante a aplicação de um questionário, cria a possibilidade de verificação da existência de uma metodologia mais eficaz. Os resultados desta pesquisa mostram que ambos os métodos possuem vantagens e desvantagens, atingindo um desempenho muito semelhante nas avaliações propostas. Além disso, mostram que as vantagens de cada método, se bem utilizadas em situações específicas, podem potencializar a aprendizagem significativa do aluno, de acordo com o objetivo da aula.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Mapa Conceitual. Ensino-Aprendizagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama sequencial das unidades de ensino	31
Figura 2 – Cadeira comum (à esquerda) e cadeira de abrir (à direita).....	33
Figura 3 – Dois cubos de volumes distintos para determinar suas massas específicas	34
Figura 4 – Figuras geométricas: triângulo retângulo, retângulo e circunferência	35
Figura 5 – Vasos comunicantes	36
Figura 6 – Elevador Hidráulico	37
Figura 7 – O experimento de Torricelli	38
Figura 8 – Mapa conceitual ideal.....	40
Figura 9 – Retângulo e quadrado como referência para cálculo de área	42
Figura 10 – Área do triângulo retângulo	43
Figura 11 – Área do círculo	44
Figura 12 – Volume de um paralelepípedo reto	45
Figura 13 – Volume de uma esfera	45
Figura 14 – Volume de um cilindro.....	46
Figura 15 – Triângulo isósceles.....	49
Figura 16 – Pressão: Força em uma área	53
Figura 17 – Vasos comunicantes e a altura dos líquidos	54
Figura 18 – Pressão absoluta em um ponto situado dentro de um líquido sob ação da pressão atmosférica	62
Figura 19 – Diferença de pressão entre dois pontos situados dentro de um líquido sob ação da pressão atmosférica.....	63
Figura 20 – Diferentes líquidos em vasos comunicantes	65
Figura 21 – Esquema hidráulico para um chuveiro	70
Figura 22 – Mergulhador sob pressão atmosférica e hidrostática	70
Figura 23 – Tubo fechado com dois líquidos não miscíveis.	72
Figura 24 – Princípio de Pascal: pontos distintos com a mesma alteração de pressão	75
Figura 25 – Esquema de funcionamento de uma prensa hidráulica.....	76
Figura 26 – Experimento para verificar massa específica da água	82
Figura 27 – Esquema de válvula de descarga econômica	89

Figura 28 – Tubo com líquidos de massas específicas distintas.....	90
Figura 29 – Mapa conceitual final das turmas A) 203 – Laboratório Estruturado e B) 201 – Laboratório Programado.....	168

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Experimento de vasos comunicantes.....	66
Fotografia 2 – Manômetro em U e o Teorema de Stevin	68
Fotografia 3 – Bebedouro de passarinho	68
Fotografia 4 – Montagem do experimento do bebedouro de passarinho	69
Fotografia 5 – Elevador Hidráulico	79
Fotografia 6 – Pac-Man Hidráulico	80
Fotografia 7 – A balança de empuxo.....	81
Fotografia 8 – Explicando funcionamento da prensa hidráulica	131
Fotografia 9 – Alunos da turma 203 em um experimento verificando o Teorema de Stevin	132
Fotografia 10 – Alunos da turma 201 com o experimento “Bebedouro de Passarinho”	134
Fotografia 11 – Alunos da turma 201 verificando diferentes colunas em dois ramos de um mesmo vaso comunicante.....	134

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Desempenho dos alunos na questão 1 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	136
Gráfico 2 – Desempenho dos alunos na questão 2 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	137
Gráfico 3 – Desempenho dos alunos na questão 3 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	138
Gráfico 4 – Desempenho dos alunos na questão 4 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	140
Gráfico 5 – Desempenho dos alunos na questão 5 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	141
Gráfico 6 – Desempenho dos alunos na questão 1 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	142
Gráfico 7 – Desempenho dos alunos na questão 7 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	143
Gráfico 8 – Desempenho dos alunos na questão 8 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	144
Gráfico 9 – Desempenho dos alunos na questão 9 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	145
Gráfico 10 – Desempenho dos alunos na questão 10 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	146
Gráfico 11 – Desempenho dos alunos na questão 11 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	147
Gráfico 12 – Desempenho dos alunos na questão 12 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	148
Gráfico 13 – Desempenho dos alunos na questão 13 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	150
Gráfico 14 – Desempenho dos alunos na questão 14 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	151
Gráfico 15 – Desempenho dos alunos na questão 15 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	152

Gráfico 16 – Desempenho dos alunos na questão 16 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	153
Gráfico 17 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “fluido” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado.....	156
Gráfico 18 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “massa” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado.....	157
Gráfico 19 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “volume” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado.....	158
Gráfico 20 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “massa específica” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	158
Gráfico 21 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “peso” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	159
Gráfico 22 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “gravidade” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado.....	160
Gráfico 23 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “área” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	160
Gráfico 24 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “pressão hidrostática” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	161
Gráfico 25 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “empuxo” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado.....	162
Gráfico 26 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “pressão atmosférica” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	163
Gráfico 27 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “instrumentos de medição” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	163
Gráfico 28 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “lei de Stevin” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado.....	164
Gráfico 29 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “vasos comunicantes” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	165
Gráfico 30 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “teorema de Pascal” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	166
Gráfico 31 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “prensa hidráulica” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado	166
Gráfico 32 – Gráfico do desempenho médio por questão das turmas na prova	170

Gráfico 33 – Nota média das turmas na prova	170
Gráfico 34 – Gráfico da média das notas por tipo de questão.....	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro geral de desempenho e eficácia dos laboratórios estruturado e programado nos questionários	155
Quadro 2 - Quadro de desempenho e eficácia dos laboratórios estruturado e programado nas questões do questionários agrupadas por conceito trabalhado ...	167

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR VYGOTSKY	23
2.2 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR DAVID AUSUBEL	24
2.2.1 O Mapa Conceitual e Sua Construção	26
2.3 O EXPERIMENTO COMO FERRAMENTA PARA A AULA CONSTRUTIVISTA	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 SEQUÊNCIA DE PLANOS PARA O LABORATÓRIO ESTRUTURADO	31
3.1.1 Plano de Aula 1: Investigação dos Subsunçores	31
3.1.1.1 Dados da Aula 1	32
3.1.1.2 Objetivos	32
3.1.1.3 Metodologia	32
3.1.1.4 Desenvolvimento	32
3.1.1.5 Tarefa Extraclasse	39
3.1.1.6 Produção do Mapa Conceitual da Turma	39
3.1.1.7 Referências Bibliográficas	40
3.1.2 Plano de Aula 2: Reforço de Conceitos	41
3.1.2.1 Dados da Aula 2	41
3.1.2.2 Objetivo	41
3.1.2.3 Metodologia	41
3.1.2.4 Desenvolvimento	41
3.1.2.4.1 <i>Área</i>	42
3.1.2.4.2 <i>Volume</i>	44
3.1.2.4.3 <i>Massa e Massa Específica</i>	46
3.1.2.4.4 <i>Aceleração da Gravidade e Força Peso</i>	47
3.1.2.4.5 <i>Exercícios em aula</i>	48
3.1.2.5 Referências Bibliográficas:	50
3.1.3 Plano de Aula 3: Introdução à Hidrostática	51

3.1.3.1 Dados da Aula 3.....	51
3.1.3.2 Objetivos	51
3.1.3.3 Metodologia.....	51
3.1.3.4 Desenvolvimento	51
3.1.3.4.1 <i>O que é a Hidrostática</i>	52
3.1.3.4.2 <i>Conceitos sobre pressão</i>	52
3.1.3.4.3 <i>Pressão Hidrostática</i>	53
3.1.3.4.4 <i>Pressão Atmosférica</i>	55
3.1.3.4.5 <i>Simulador virtual Phet para pressão hidrostática</i>	57
3.1.3.4.6 <i>Exercícios</i>	57
3.1.3.4.7 <i>Tarefa extraclasse</i>	60
3.1.3.5 Referências Bibliográficas	60
3.1.4 Plano de Aula 4: Teorema de Stevin, Vasos Comunicantes.....	61
3.1.4.1 Dados da Aula 4.....	61
3.1.4.2 Objetivo	61
3.1.4.3 Metodologia.....	61
3.1.4.4 Desenvolvimento	61
3.1.4.4.1 <i>Resolução de exercícios e esclarecimento de dúvidas</i>	61
3.1.4.4.2 <i>Teorema de Stevin</i>	62
3.1.4.4.3 <i>Vasos Comunicantes</i>	64
3.1.4.5 Experimentação – Laboratório Estruturado	66
3.1.4.5.1 <i>Experimento 1: Vasos Comunicantes</i>	66
3.1.4.5.2 <i>Experimento 2: Teorema de Stevin</i>	67
3.1.4.5.3 <i>Experimento 3: Bebedouro de passarinho</i>	68
3.1.4.5.4 – <i>Tarefa Extraclasse</i>	69
3.1.4.6 Referências Bibliográficas	72
3.1.5 Plano de Aula 5: Pascal, Prensas Hidráulicas, Empuxo	74
3.1.5.1 Dados da Aula 5.....	74
3.1.5.2 Objetivos	74
3.1.5.3 Metodologia.....	74
3.1.5.4 Desenvolvimento	75
3.1.5.4.1 <i>Princípio de Pascal</i>	75
3.1.5.4.2 <i>Prensa Hidráulica</i>	75

3.1.5.4.3 Empuxo	76
3.1.5.4.4 Exercícios em Aula.....	77
3.1.5.5 Experimentação – Laboratório Estruturado	79
3.1.5.5.1 – O Elevador Hidráulico.....	79
3.1.5.5.2 – O Pac-Man Hidráulico	80
3.1.5.5.3 – A Balança de Empuxo	81
3.1.5.6 Tarefa extraclasse:.....	81
3.1.5.7 Referências Bibliográficas	84
3.1.6 Plano de Aula 6: Aplicação de Questionário	86
3.1.6.1 Dados da Aula 6.....	86
3.1.6.2 Objetivo	86
3.1.6.3 Metodologia.....	86
3.1.6.4 Desenvolvimento	87
3.1.6.5 Referências Bibliográficas	87
3.1.7 Plano de Aula 7: Prova Avaliativa	88
3.1.7.1 Dados da Aula 7.....	88
3.1.7.2 Objetivo	88
3.1.7.3 Metodologia.....	88
3.1.7.4 Desenvolvimento	88
3.1.7.4.1 Questões da Prova.....	89
3.1.7.5 Referências Bibliográficas	93
3.2 SEQUÊNCIA DE PLANOS PARA O LABORATÓRIO PROGRAMADO	94
3.2.1 Plano de Aula 1: Investigação dos Subsunoçores	94
3.2.2 Plano de Aula 2: Reforço de Conceitos.....	94
3.2.3 Plano de Aula 3: Introdução à Hidrostática	94
3.2.3.1 Dados da Aula 3.....	94
3.2.3.2 Objetivos	95
3.2.3.3 Metodologia.....	95
3.2.3.4 Desenvolvimento	95
3.2.3.4.1 O que é a Hidrostática.....	95
3.2.3.4.2 Conceitos sobre pressão.....	96
3.2.3.4.3 Pressão Hidrostática	97
3.2.3.4.4 Pressão Atmosférica	100

3.2.3.5 Simulador virtual Phet para pressão hidrostática	102
3.2.3.6 <i>Exercícios</i>	103
3.2.3.7 <i>Tarefa extraclasse</i>	106
3.2.3.8 Referências Bibliográficas	106
3.2.4 Plano de Aula 4: Teorema de Stevin, Vasos Comunicantes.....	107
3.2.4.1 Dados da Aula 4	107
3.2.4.2 Objetivo	107
3.2.4.3 Metodologia.....	107
3.2.4.4 Desenvolvimento	108
3.2.4.4.1 <i>Resolução de exercícios e esclarecimento de dúvidas</i>	108
3.2.4.4.2 <i>Teorema de Stevin</i>	108
3.2.4.4.3 <i>Vasos Comunicantes</i>	111
3.2.4.4.4 – <i>Tarefa Extraclasse</i>	114
3.2.4.5 Referencias Bibliográficas	117
3.2.5 Plano de Aula 5: Pascal, Prensas Hidráulicas, Empuxo	118
3.2.5.1 Dados da Aula 5	118
3.2.5.2 Objetivos	118
3.2.5.3 Metodologia.....	118
3.2.5.4 Desenvolvimento	119
3.2.5.4.1 <i>Princípio de Pascal</i>	119
3.2.5.4.2 <i>O Elevador Hidráulico</i>	120
3.2.5.4.3 <i>Empuxo</i>	123
3.2.5.5 Tarefa extraclasse:.....	125
3.2.5.6 Referências Bibliográficas	128
3.2.6 Plano de Aula 6: Aplicação de Questionário	129
3.2.7 Plano de Aula 7: Prova Avaliativa	129
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	130
4.1 RELATÓRIO DAS AULAS.....	130
4.1.1 Relatório de Aulas do Laboratório Estruturado	130
4.1.2 Relatório de Aulas do Laboratório Programado.....	132
4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS E PROVAS	135
4.2.1 Análise do Resultado dos Questionários.....	135
4.2.1.1 <i>Análise por Questões</i>	136

4.2.1.1.1 <i>Análise geral das questões</i>	154
4.2.1.2 Análise do Agrupamento de Questões por Conceito.....	155
4.2.1.3 Construção dos Mapas Conceituais Finais	168
4.2.2 Análise do Resultado das Provas	169
4.2.2.1 Análise dos Resultados da Prova por Questão	170
4.2.2.2 Análise dos Resultados da Prova por Questões Objetivas ou Dissertativas	171
5 CONCLUSÕES	173
REFERÊNCIAS	175
APÊNDICE A – IMAGENS DOS SLIDES DA AULA: TEOREMA DE STEVIN E VASOS COMUNICANTES	178

1 INTRODUÇÃO

No atual panorama educacional brasileiro, o ensino de Física enfrenta vários obstáculos, que vão desde a falta de laboratórios e materiais adequados, estrutura precária das salas de aula, falta de professores, até a carga horária letiva reduzida em cada turma, como afirma Severino (1980, p. 9): “As contradições intrínsecas do sistema educacional, as limitações da visão educacional subjacentes às decisões da política e da administração do ensino no país [...] atacam, simultaneamente e com igual profundidade, a eficiência integral da educação do Brasil.”

O professor, nesse contexto, precisa superar esses entraves, com criatividade e audácia. Parte desta coragem e criatividade são demonstrados, justamente, quando o professor se utiliza de ferramentas que possibilitem uma aprendizagem significativa, saindo da rotina comum de aula, inovando e buscando a excelência. Uma delas, e talvez a mais poderosa ferramenta do professor de Física neste processo de ensino-aprendizagem, é a experimentação.

A experimentação, quando utilizada dentro de um planejamento de ensino adequado, é capaz de recriar, dentro da visão de cada aluno, o fenômeno físico tratado. Ela torna a aula mais interessante e é capaz de contextualizar e relacionar os fenômenos físicos e as respectivas equações, deixando-os mais palpáveis para o aluno. Além disso, ela pode ser utilizada para apresentar algum conhecimento do qual o aluno ainda não tenha se apropriado, ou reforçar conceitos já analisados previamente.

Já é sabido, pela exaustão de pesquisas sobre o tema, que a experimentação na sala de aula traz bons resultados para o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, o uso da experimentação como recurso didático possui diferentes metodologias e abordagens, e há poucos trabalhos que se propõem a comparar estes métodos. O experimento está, para o professor, como uma ferramenta de trabalho está para qualquer outro profissional. Sabe-se que ela aumenta o desempenho e a produtividade, mas pouco ajuda se este profissional não souber metodologicamente a melhor forma, quando e como utilizá-la. Nesse contexto, a experimentação é parte importante na criação de um ambiente propício à aprendizagem significativa, como Severino afirma (1980, p. 71): “O estudo e a aprendizagem, em qualquer área do saber humano, só são plenamente eficazes

quando criam condições para uma contínua e progressiva assimilação pessoal dos conteúdos estudados”.

O ato da docência não possui um manual pronto, mas interações entre professores, relatando suas experiências de sucesso, e pesquisas como essa, que visam analisar aspectos específicos da atuação da docência em termos metodológicos, certamente servem de base forte para nortear a ação pedagógica de outros docentes. E foi justamente por não encontrar literatura farta sobre o tema central, de como e principalmente quando aplicar um experimento, que esse trabalho traz à tona uma pesquisa mais específica a respeito da prática experimental dentro da sala de aula. Desenvolvendo as possibilidades desta ferramenta de aprendizagem, levantaram-se dados concretos sobre o resultado de cada método experimental aqui proposto, para que outros professores de Física possam utilizar como referência para seu planejamento didático visando otimizar o tempo em sala de aula e os resultados em termos de aprendizagem.

A aprendizagem significativa, de acordo com o psicólogo e epistemólogo americano David Ausubel, ocorre quando os novos conhecimentos que se adquirem se relacionam com o conhecimento prévio que o aluno possui. Conforme Moreira e Masini (1982, p.7)

O conceito mais importante na teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. [...] Neste processo, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceitos subsunçores, ou simplesmente, subsunçores.

Esse processo é determinado pela capacidade cognitiva do ser humano. Como um exemplo que ilustra o caráter cognitivo, pode-se comparar a percepção de uma pessoa ao visitar a casa de um amigo e ao visitar essa mesma casa com interesse de compra. A percepção, mesmo sendo a mesma casa, é totalmente outra. Isso se chama cognição, ou a forma que o ser humano recebe e capta informações e dados. É justamente o estudo desta relação, com ênfase na educação, que Ausubel propõe, conforme relatam Moreira e Masini (1982, p. 2): “O cognitivismo de Ausubel é um caminho que busca responder à essas questões, ao se propor a estudar o ato da formação de significados ao nível da consciência ou, em outras palavras, ao estudar o ato da cognição. ”

Nessa perspectiva, em uma aula de Física utilizando-se de experimentação, tem-se um aprendizado mais significativo desenvolvendo o experimento no início da

abordagem teórica, ou como desfecho dela? Ou será que não há diferença entre os métodos? Esse é o questionamento chave que guia este trabalho.

Moreira e Levandowski trabalham sob uma perspectiva semelhante, na qual chama o método de apresentação do experimento anterior à abordagem teórica como “laboratório programado”, pois o aluno tem liberdade para criar e refletir sobre um fenômeno através do experimento e, a partir deste, construir, com o auxílio do professor e da abordagem teórica posteriormente analisada, o conhecimento.

Já quando o experimento se dá posterior à aula expositiva tradicional, eles chamam de “laboratório estruturado”, em que o aluno recria no experimento conhecimentos já estruturados e já concebidos através da teoria. Em síntese, enquanto o laboratório estruturado enfatiza a verificação experimental de princípios físicos, o programado encoraja a redescoberta destes princípios (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983).

Pode-se perceber, portanto, que estão em jogo dois métodos de aplicação do experimento, no que diz respeito à sua colocação temporal dentro de uma aula. A presente pesquisa tem por objetivo verificar a diferença na aprendizagem do aluno quando uma ou outra abordagem descrita acima é implementada. Para isto, os conceitos da aprendizagem significativa abordados por David Ausubel, Vygotsky, entre outros epistemólogos construtivistas foram utilizados como referência, e métodos avaliativos que possam verificar a diferença na aprendizagem dos alunos foram desenvolvidos.

Para a avaliação e coleta de dados, foram elaboradas duas unidades de ensino, totalizando sete aulas de dois períodos em cada unidade. Ambas as unidades de ensino contemplaram o tópico de hidrostática, porém, enquanto uma unidade de ensino trabalhou a construção do conhecimento a partir de um experimento inicial e observações realizadas pela turma, a outra unidade, com outra turma, trabalhou com o método de aula expositiva dialogada, com o experimento ao final da unidade como elemento de fixação e reforço de conceitos. As coletas de dados, necessárias principalmente para a identificação dos subsunçores dos alunos, e posterior construção do mapa conceitual deles, ocorreram através de um questionário, objetivando identificar o que os alunos já conheciam da matéria, e se os subsunçores considerados necessários já haviam sido compreendidos de maneira significativa pelos alunos. As avaliações foram aplicadas mediante provas, idênticas em ambas as turmas, e também pela aplicação, novamente, do mesmo

questionário inicial, que forneceu, por sua vez, um novo mapa conceitual pós aulas, sendo possível comparar a evolução desses alunos, relacionando o antes e o depois das aulas. Por fim foi possível, com essas avaliações, analisar o desempenho de cada turma, e por consequência, analisar a eficácia dos métodos de ensino aplicados.

A presente pesquisa forneceu algumas evidências que podem servir de referência para outros professores, a fim de que possam avaliar e discutir as melhores formas de aplicação da experimentação. As vantagens, desvantagens e resultados obtidos com cada método, apresentados neste trabalho, podem orientar tais educadores em seu planejamento, obviamente mediante a adaptação ao processo de ensino, de acordo com as necessidades evidenciadas pelo seu grupo de alunos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo pretende identificar a influência do aspecto temporal, isto é, do quando apresentar a atividade de experimentação ao aluno durante a aula de Física, em relação à aprendizagem dos alunos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Planejar e aplicar duas metodologias de uso da experimentação (laboratório estruturado e laboratório programado) no ensino de Física sobre o assunto hidrostática, a fim de verificar alguma possível diferença na aprendizagem dos alunos.
- Avaliar o desempenho e a eficácia de duas metodologias de uso da experimentação no ensino de Física através de duas formas distintas de avaliação: evolução de mapa conceitual (método de avaliação subjetiva), e prova avaliativa (método de avaliação objetiva).
- Verificar, em caráter pedagógico, possíveis vantagens e desvantagens de cada metodologia de ensino de Física utilizada, bem como possíveis dificuldades na aplicação de cada uma delas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

São muitos os motivos que o professor atual, e ainda mais o de Física, possui para se aperfeiçoar e estudar métodos cada vez mais efetivos de ensino, visto que a Física é historicamente uma das matérias em que os alunos encontram maior dificuldade de aprendizado, conforme reforça Severino (1980, p. 83): “As maiores dificuldades do estudo e da aprendizagem em ciência, estão diretamente relacionadas com a correspondente dificuldade que o estudante encontra na exata compreensão de textos teóricos”. Essa efetividade pode ser descrita como um aprendizado significativo. Lopes ressalta que essas dificuldades se manifestam, em análise atenciosa, até mesmo nos alunos que tiveram sucesso nas sucessivas provas de avaliação. Ele coloca que a principal tarefa da didática da Física é o estudo da evolução conceitual, que passa pelo estudo das ideias dos alunos e o seu desenvolvimento, fazendo com que se aproximem progressivamente do conceito correto da Física (LOPES, 2004). Justamente por esses desafios do ensino-aprendizagem, que este trabalho se apoia nas ideias de alguns epistemólogos construtivistas.

Nessa perspectiva construtivista, quando o conhecimento é apresentado de forma interativa, aberta ao diálogo e com relação entre o aluno e o seu contexto social, ele é interiorizado pelo educando de maneira significativa. Recorrendo aos elementos históricos, esta forma de enxergar o processo de aprendizagem começou com Lev Vygotsky e Jean Piaget, no início do século 20. Ambos abordavam o ensino como um processo de relação e construção de conhecimento, interação e posterior interiorização. A diferença principal entre o trabalho deles, é que Piaget determina estágios cognitivos bem definidos, que são exigência para que a criança aprenda (PALANGANA, 2015) enquanto os estudos de Vygotsky levam a ideia de que o novo conhecimento conduz a novas capacidades cognitivas, desde que mediadas por alguém que já tenha essa relação de conhecimento bem definida, normalmente, um adulto, ou o professor (VYGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2010). Como a diferença entre os trabalhos dos dois autores sobre a aprendizagem diverge, quase unicamente, neste aspecto, Vygotsky é utilizado para embasar esse trabalho, visto que a ideia de novas competências sendo formadas através do conhecimento é muito bem atendida pelo conceito de subsunções e mapas conceituais de David Ausubel, outro autor no qual este trabalho também se baseia.

Vygotsky define com uma construção chamada desenvolvimento proximal, em que o tutor vai construindo o conhecimento, relacionando-o com o que o aluno sabia ou já tinha capacidade de entender, analisando então os novos processos superiores adquiridos. David Ausubel elaborou um método mais refinado deste mesmo processo, através de mapas conceituais, sob forma de verificação da evolução e apropriação do conhecimento, onde o aluno é o foco deste processo de ensino e aprendizagem, e cabe ao professor desenvolver e aplicar um método de ensino de acordo com o seu grupo de alunos, não o contrário (LOPES, 2004).

2.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR VYGOTSKY

Ao localizar o construtivismo no panorama da educação científica atual, evidencia-se que as suas raízes surgiram numa reação contrária a dois movimentos dominantes da reforma do currículo de Ciências entre 1960 e 1970. Um deles tinha como base uma epistemologia empirista ingênua, e o outro, um modelo de desenvolvimento cognitivo por estágios piagetianos, que oferecia uma interpretação limitada às capacidades intelectuais das crianças, enquanto o desenvolvimento por estágios nas pesquisas de Vygotsky se mostrava muito mais relacionado ao nível de escolaridade, e não à idade dos indivíduos. (LABURU; CARVALHO; BATISTA, 2001).

A epistemologia empirista ingênua parte do princípio do didatismo. Como referem-se Laburu, Carvalho e Batista (2001, p. 153):

Por detrás do didatismo estava a concepção de que o aprendiz é uma tábua rasa que nada sabe, e que, ao se eliminar possíveis ruídos durante a transmissão do saber, o aprendiz deveria necessariamente apreendê-lo. Por conseguinte, justificavam-se e valorizavam-se métodos e habilidades didático-técnicas, em que o centro do processo de ensino era o professor, tendo autoridade e autoritarismo indiscutíveis.

Para evidenciar a impossibilidade do didatismo, Vygotsky realizou uma pesquisa em zonas da antiga União Soviética, separando indivíduos escolarizados e dos não, ou menos escolarizados. A tarefa dos entrevistados era separar objetos, e ele por sua vez analisaria os critérios que cada grupo utilizou. Analisando os resultados, ficou bem claro que ambos os grupos separavam os objetos de acordo com suas experiências práticas: o grupo mais escolarizado separava os objetos por

suas dimensões e materiais. As pessoas não escolarizadas os separavam pelas suas utilidades práticas. Então sentenciam Vygotsky, Luria e Leontiev (2001, p. 52):

Se as pessoas agrupam objetos e definem palavras com base na experiência prática, poder-se-ia esperar que a conclusão que tiram de uma premissa dada em problema lógico dependeria também de sua experiência prática imediata. Isso dificulta, talvez até torne impossível, a aquisição de um novo conhecimento de maneira discursiva, lógico-verbal.

Como ferramentas de interiorização, então, Vygotsky coloca o raciocínio silogístico, e a Zona de Desenvolvimento proximal, como poderosas ferramentas de análise e produção do conhecimento. Sendo um cientista oriundo das ciências sociais, com tendência à filosofia Marxista, primeiramente ele aborda que o formato de conceber novos conhecimentos é através da construção sociocultural. Ou seja, o professor, ou mesmo alunos com um conhecimento sobre o assunto já mais estabelecido, colaboram inevitavelmente para a concepção e construção ainda não feita por esse aluno: “Os adultos, nesse estágio, são agentes externos servindo de mediadores entre a criança e o mundo. Mas à medida que crescem, os processos se executam dentro da própria criança, se tornando inter-psíquicos” (VYGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, p. 27, 2001). De acordo com o autor, esse processo inter-psíquico ocorre através do raciocínio silogístico, no qual um conjunto de juízos individuais dá origem a conclusões necessariamente objetivas. É justamente na forma de construção social do conhecimento na relação professor-aluno, e no que Vigotsky chama de raciocínio silogístico, que ele e Ausubel possuem os pontos mais convergentes (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2010), conforme é visto a seguir.

2.2 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR DAVID AUSUBEL

David Ausubel é um dos principais autores da educação com enfoque em uma abordagem construtivista. Ainda que já tenha falecido em 2008, suas contribuições para a educação são notáveis, apoiando sua teoria em um conhecimento baseado na construção, respeitando etapas e hierarquias cognitivas e de conhecimento. A psicologia cognitivista, também conhecida por cognitivismo, é uma parte da psicologia que se preocupa com o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição. (SILVA; SCHIRLO, 2014).

Nessa teoria, o conhecimento inter-psíquico definitivo, ou seja, significativo, se forma através de interações com os conceitos e conhecimentos que o aprendiz já detinha. Essa relação, de acordo com Ausubel, forma-se por meio de relações de hierarquia de conhecimentos, que pode ser transcrita através de um mapa conceitual. Esses conhecimentos prévios são chamados de subsunçores. Silva e Schirlo (2014, p. 38) assim descrevem tal conceito:

[...] subsunçor é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito. Em Física, por exemplo, se os conceitos de unidades de medida já existirem na estrutura cognitiva do estudante, esses conceitos servirão de subsunçores para novas informações referentes aos conceitos de velocidade e aceleração.

No ensino de ciências, em particular no de Física, que é o objeto de interesse deste trabalho, é clara essa concepção. O aluno deve ter aprendido conceitos de velocidade, aceleração, massa, gravitação, além de ter um certo domínio da linguagem matemática antes de poder compreender de maneira significativa o lançamento de projéteis, por exemplo. Inclusive, um dos grandes problemas no ensino de Física é justamente a falta de conexão por parte do aluno entre conceitos que deveriam estar pré-estabelecidos e não estão. Logo, é fácil perceber que a aprendizagem hoje não é significativa para o aluno: ele decora, mas não compreende. Logo esquece do decorado, e assim, o arranjo de subsunçores acaba por estar incompleto (BORGES, 2002).

Considerando este quadro, é tarefa do professor identificar então os subsunçores presentes nos seus alunos, pois o conteúdo previamente apropriado pelo educando representa um fator que influencia o processo de aprendizagem, sendo que novas informações serão entendidas e armazenadas na proporção qualitativa da estrutura cognitiva prévia do aluno, construindo uma aprendizagem significativa (SILVA; SCHIRLO, 2014). Logo, o professor deve criar um mapa conceitual do conhecimento dos seus alunos antes da abordagem do assunto a ser estudado, e compará-lo com um mapa conceitual "ideal". Dessa forma, é capaz de identificar quais subsunçores os alunos já possuem e quais são necessários reforçar antes da abordagem conceitual nova propriamente dita. Isso fica claro, retomando o exemplo anterior: um aluno poderia aprender, de fato, lançamento de projéteis sem entender a ação gravitacional sobre um corpo com massa? Ou ainda, saber relacionar o movimento horizontal e o vertical de um único corpo sem conhecer os

movimentos retilíneos uniforme e uniformemente variados? Ele pode, via repetição de exercícios, obter êxito em uma atividade avaliativa, porém, aprenderia de fato ou apenas decoraria métodos de resolução por um curto período de tempo?

Esta constatação é um indício de que a avaliação tradicional, apesar de ser importante, isoladamente, não mostra quem realmente aprendeu. A evolução conceitual dos alunos, no entanto, através da comparação de mapa pré e pós atividade pedagógica direcionada, pode mostrar a evolução dos alunos e a relação do conhecimento novo com seus subsunçores. Nesse aspecto, a teoria de Ausubel pode auxiliar na avaliação efetiva do processo de ensino, mostrando os estágios de relação cognitiva em que os alunos estão, quais relações estão incorretas e quais ainda devem ser estabelecidas. Essa construção de significados não é uma compreensão literal da informação, mas é uma percepção do material apresentado, e desse modo se configura como uma aprendizagem significativa (TAVARES, 2005). Porém, isso tudo só é obtido caso o mapa conceitual seja adequadamente produzido.

2.2.1 O Mapa Conceitual e Sua Construção

O mapa conceitual de David Ausubel orienta o conhecimento sob um quadro evolutivo, em que novos conhecimentos se ancoram em saberes já existentes, criando uma rede de conceitos. Saberes, portanto, que não se ancoram (não exista o subsunçor) ou se ancoram, porventura, em aprendizados incorretos (subsunçores incorretos), acabam não trazendo uma aprendizagem significativa. É importante, portanto, que esses conhecimentos já existentes sejam condizentes com o conhecimento científico pertinente, para que se possa criar uma hierarquia de saberes coerente. Ausubel apresenta essa relação de maneira muito direta: “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 79).

Um professor atento, que tenha acompanhado a turma por algum período anterior, deve ser capaz, através das suas avaliações e vivências com seus alunos, de criar um mapa conceitual dos mesmos. Porém, um professor novo na turma, sem nunca ter lecionado uma única vez para estes alunos, encontra uma problemática a ser enfrentada. Algumas das ferramentas que podem ser utilizadas para essa

“coleta” de subsunçores numa situação análoga à esta, são questionários, discussões mediadas pelo professor sobre o assunto, situações problema envolvendo o assunto, em que o aluno deve dissertar sobre suas impressões, enfim, situações nas quais o professor pode observar as respostas e raciocínios dos seus alunos sobre o tema proposto, e através desses resultados, montar o mapa conceitual.

De acordo com Novak e Gowin (1999), há duas formas de relação de conceitos em um mapa conceitual: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Na diferenciação progressiva, um conceito mais abrangente se subdivide em dois conceitos específicos e diferentes. Pode-se para efeito de exemplo deste tipo de construção, citar um conceito físico mais abrangente como massa. Do conceito de massa, pode-se evoluir, conforme a diferenciação progressiva, para outros dois específicos distintos, como força peso, e de outro lado, lei da gravitação universal. Isso quer dizer que ambos necessitam que o conceito de massa já esteja assimilado de maneira significativa pelo aluno, para que ele seja capaz de conceber os novos conceitos mais específicos.

Já na reconciliação integrativa, pode-se conciliar conhecimentos de dois ramos diferentes, mas que se relacionem. No mesmo exemplo, é possível relacionar em uma reconciliação integrativa, os conceitos de força peso e gravitação universal. Ou seja, os conceitos não dependem um do outro para evoluir, então estão em ramificações diferentes, mas estão intimamente ligados entre si, ou ao longo de suas próprias ramificações (NOVAK; GOWIN, 1999).

Ainda, conforme Novak e Gowin (1999), existem diferentes formas de construção, ou estruturação, de um mapa conceitual. Segundo eles, existem mapas conceituais do tipo teia, onde um conceito posicionado no centro origina outros que “dispersam” do centro. Aqui, todos os sub-conceitos se originam deste conceito central; existem também mapas de entrada e saída, que indicam processos sequenciais diretos, lineares; e os mapas hierárquicos, onde um conceito mais abrangente sempre precede um ou mais conceitos mais específicos, sendo possível, se necessário, relacionar cadeias distintas entre si conforme cada ramificação do conhecimento for evoluindo. Este trabalho baseia seus mapas conceituais em uma diferenciação progressiva e com reconciliações integrativas, organizados e construídos de forma hierárquica.

2.3 O EXPERIMENTO COMO FERRAMENTA PARA A AULA CONSTRUTIVISTA

Para uma aprendizagem construtivista, é necessário que haja ferramentas adequadas e preparo do professor. Conforme descrito anteriormente, a avaliação pode se fazer valer do método tradicional, mas também dos mapas conceituais dos alunos. Uma ferramenta adequada para demonstrar o conhecimento, ou construí-lo, é o experimento. Borges comenta que a ciência em sua forma mais natural dentro das escolas se apresenta de maneira teórica, porém, o ensino prático é uma ferramenta para relacionar as vivências e expectativas do aluno sobre o tema, possibilitando criar uma relação entre o contexto inter-psíquico atual do aluno (subsunçores) e o conhecimento teórico, saindo de um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas, para o conhecimento significativo (BORGES, 2002).

Vários autores abordam a importância da experimentação dentro da sala de aula, desde que bem utilizada. Borges afirma (2002, p. 298):

[...] a atividade experimental é essencial à ciência e a observação e a experimentação fornecem dados puros, verdadeiros e objetivos, e, por isso mesmo, confiáveis, em vista de sua independência de quaisquer ideias teóricas do observador significativo

Coelho e Nunes ressaltam que o experimento está a serviço da lei em questão, e que através dos trabalhos práticos, o aluno se dá conta de que para explicar determinado fenômeno é necessária uma teoria. Acrescentam, ainda, que o experimento é capaz de relacionar três aspectos importantes para a aprendizagem: o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em Física (COELHO; NUNES, 2004). Já Laburu, Zompero e Barros (2013) abordam o aspecto motivacional e de interesse do aluno. Primeiramente, colocam que o experimento pode despertar no aluno um grau de interesse que eles chamam de satisfação de alto nível, que ocorre quando alguém tem interesse em algo pela curiosidade e pelo interesse propriamente dito, e não buscando uma forma secundária de recompensa, como uma nota ou aprovação.

Em 1983, Moreira e Levandowski criaram um estudo semelhante ao proposto neste trabalho. Nele, os autores estudam a mesma problemática aqui trabalhada: se há diferença na aprendizagem construindo o conhecimento através dos apontamentos de um experimento inicial, ou utilizando o experimento depois das aulas expositivas sobre o conteúdo. Os autores, por sua vez, chamam tais métodos,

respectivamente, de laboratório programado e laboratório estruturado. No entanto, mesmo no laboratório estruturado, os autores deixam bem claro que o experimento deve ser instigante, de modo que faça o aluno pensar, e não apenas uma receita de bolo que o leva a um resultado prévio esperado. Já sobre o laboratório programado, eles relatam que é aquele onde o conhecimento parte das percepções que o experimento pode trazer, e só depois se relaciona com uma abordagem mais teórica e sólida. Os autores enfatizam que, neste tipo de aula, o professor deve ter profundo conhecimento sobre o que o aluno já sabe (subsunçores), quais habilidades ele possui, e do tipo de pensamento envolvido em cada passo dessa construção (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983). É interessante ressaltar também, que como resultado dessa comparação de métodos, Moreira e Levandowski usaram somente notas de avaliações (provas) como comparativo, sendo que o laboratório estruturado teve um desempenho favorável, ainda que próximo, conforme eles decorrem na página 57 da obra:

“Nas condições em que foi conduzida a pesquisa, o laboratório estruturado mostrou-se pelo menos tão eficiente quanto o não estruturado em relação à aprendizagem de conteúdo a partir da atividade laboratorial. A implicação prática desta conclusão é que a utilização do laboratório estruturado, a qual recorre-se muitas vezes a contragosto em termos de aprendizagem de conteúdo, é plenamente justificada”.

Eles ressaltam, ainda, que em 1973 realizaram trabalho semelhante, obtendo um resultado parecido para ambas as abordagens. É importante destacar que não foi encontrado outro trabalho sobre o mesmo tema entre 1983 e a atualidade.

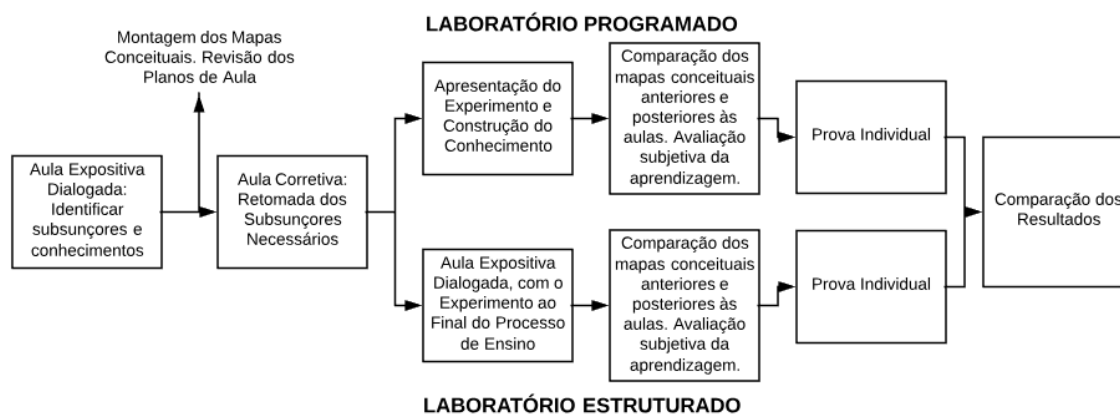
3 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado através da aplicação de duas unidades de ensino sobre hidrostática, utilizando metodologias distintas. Cada unidade possui sete aulas, em que cada aula é composta por dois períodos de cinquenta minutos, ministradas em duas turmas do segundo ano do ensino médio diurno da Escola Estadual de Ensino Médio Osvaldo Aranha, de Novo Hamburgo – RS. Enquanto em uma turma utilizou-se o método de laboratório programado (turma 201), na outra aplicou-se o laboratório estruturado (turma 203).

Através de um questionário, o autor identificou tanto os conhecimentos prévios dos alunos necessários para o estudo de hidrostática, quanto a relação cotidiana do aluno com o tema, além de possíveis conhecimentos sobre o assunto já desenvolvidos através dessas relações. As primeiras aulas possuíram um caráter investigativo, criando um mapa conceitual dos saberes dos alunos. Em posse do mapa recém estruturado dos seus alunos, o autor pôde identificar e corrigir eventuais ausências de subsunçores, pois conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980) enfatizam, apenas com todos os subsunçores necessários presentes, é possível evoluir na cadeia de conhecimentos. Somente após esta etapa, foram desenvolvidas as unidades de ensino destinadas aos dois métodos desse estudo. Os planos de aula, visto que a abordagem deste estudo se apoia na teoria “Vygotskyana”, foram revistos sistematicamente para se adequar à realidade dos alunos e dos conhecimentos que já possuíam, portanto, passaram por uma revisão e readequação constantes.

Cada turma teve suas aulas dentro de sua proposta específica (laboratório estruturado ou laboratório programado), e ao final da unidade de estudo, foram aplicados dois métodos de avaliação em ambas as turmas, onde um relacionou a evolução do mapa conceitual do aluno sobre os conceitos de hidrostática, comparando o primeiro mapa dos alunos (feito no início da unidade de ensino) com outro feito ao fim da unidade de ensino, e o outro avaliou tais conceitos mediante a aplicação de uma prova. Com os resultados, foi possível avaliar se houve alguma proposta metodológica com melhor resultado em termos de aprendizagem. O diagrama abaixo apresenta a sequência de desenvolvimento das aulas:

Figura 1 – Diagrama sequencial das unidades de ensino



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como a proposta deste estudo visa comparar dois métodos distintos do uso da experimentação em aula (laboratório programado e estruturado), são relatadas a seguir duas sequências de planos de aula distintos, havendo então uma sequência para cada turma.

3.1 SEQUÊNCIA DE PLANOS PARA O LABORATÓRIO ESTRUTURADO

3.1.1 Plano de Aula 1: Investigação dos Subsunçores

Antes de iniciar qualquer abordagem, foi necessário que o professor conhecesse os subsunçores dos alunos, além do que já sabiam sobre o assunto. Conforme Moreira e Masini destacam (1982, p.4):

A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interagem com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por elas assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade.

Logo, fica claro que só foi possível seguir adiante após essa etapa inicial. Vista a necessidade de tal processo de sondagem, o autor utilizou como método de coleta de informações perguntas direcionadas sobre o assunto (questionário), visando identificar as informações necessárias para o desenvolvimento sequencial desta proposta. A aula inicial do estudo proposto é apresentada a seguir.

3.1.1.1 Dados da Aula 1

Título: Investigação dos Subsunçores

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 20/03/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.1.2 Objetivos

- ▲ Identificar possíveis subsunçores dos alunos em relação à hidrostática, bem como a proximidade entre o assunto e o cotidiano deles.
- ▲ Conhecer a turma, apresentando também a proposta da unidade de ensino vindoura.

3.1.1.3 Metodologia

Aula expositiva, utilizando o questionário como ferramenta investigativa, e eventualmente, o quadro e giz. Foram também utilizados como referência os livros de Carron (1999) e Paiva (2000).

3.1.1.4 Desenvolvimento

Após uma apresentação breve, o professor relatou aos alunos a abordagem a ser realizada aos alunos ao longo de toda a unidade: esta iniciaria com a identificação do conhecimento prévio do aluno sobre hidrostática, e em seguida, o conteúdo seria apresentado de maneira formal, com aulas expositivas, utilizando, principalmente, quadro, giz, e o livro didático. Ao fim da unidade, seria realizado um experimento relacionando os novos conhecimentos e a atividade prática. Como método avaliativo da unidade, seria feita a comparação de um mapa conceitual inicial e um final, evidenciando a evolução do conhecimento do aluno, e uma prova individual.

O segundo momento da aula se deu com a aplicação de um questionário dirigido. Era esperado que muitas questões os alunos não saberiam responder, pois ainda não detinham o conhecimento necessário para tal. No entanto, elas foram necessárias para estabelecer um comparativo com o questionário que avaliou a aprendizagem no final da unidade, o qual foi o mesmo. As perguntas, as respostas esperadas, e os conceitos do mapa conceitual trabalhados em cada questão foram:

1 – Qual é a diferença entre massa e peso?

Resposta Esperada: Massa é a quantidade de matéria que determinado corpo possui, enquanto peso é a força a que esse corpo está submetido devido à aceleração gravitacional naquele local.

Conceitos Trabalhados: Massa; Peso.

2 – Analise a seguinte afirmação: “Um homem na Lua, que possui aceleração da gravidade menor que a Terra, ao comparar sua medida de peso em ambos, descobre que ele possui menos massa na Lua.” Comente.

Resposta Esperada: A afirmação é incorreta. A quantidade de massa, ou de matéria que essa pessoa possui, é a mesma. O que muda é o peso, pois ele é diretamente proporcional à aceleração da gravidade do local. Como na Lua há uma menor aceleração da gravidade, conseqüentemente existe uma medida de peso menor para o mesmo corpo, do que ele teria na Terra.

Conceitos Trabalhados: Massa; Peso; Gravidade.

3 – Dois amigos foram a um parque. Sentaram em um local com vasto gramado. Ambos possuem a mesma massa. Um deles, usou para sentar uma cadeira convencional (4 pés), enquanto o outro, uma cadeira “de abrir”, conforme figura 2:

Figura 2 – Cadeira comum (à esquerda) e cadeira de abrir (à direita)



Fonte: Adaptada de Elare (2019)

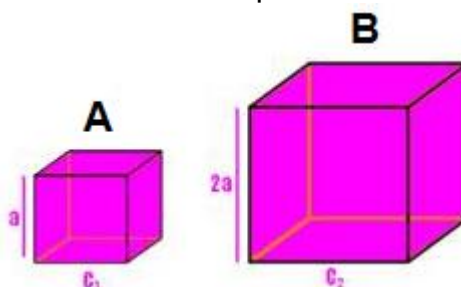
Como havia chovido no dia anterior, o chão estava lamacento e macio. Depois de meia hora de conversa, ambos perceberam que a cadeira de 4 pés havia afundado um pouco os seus pés dentro da terra, enquanto a outra cadeira não. Como explicar isso, visto que ambos têm a mesma massa.

Resposta Esperada: A área de contato dos 4 pés somados, é menor que a área de contato da sustentação da cadeira de abrir, com o chão. Logo, o peso se distribui em uma área maior na cadeira de abrir, gerando uma menor pressão. Já na cadeira convencional, a pressão se concentra na área de contato dos 4 pés, criando assim pressão maior do que o gramado e a terra pudessem suportar, afundando.

Conceitos Trabalhados: Pressão, Força, Área.

4 – Dois cubos iguais aos da figura 3 possuem a mesma massa. Qual possui maior massa específica? Justifique:

Figura 3 – Dois cubos de volumes distintos para determinar suas massas específicas



Fonte: Adaptada de Bocafoli (2019)

Resposta Esperada: Como um dos corpos possui maior volume que o outro, e ambos possuem a mesma massa, o corpo A possui maior massa específica.

Conceitos Trabalhados: Volume, Massa Específica, Massa.

Quais são as características de um fluido? Em qual(is) estado(s) físico(s) se encontra(m):

Resposta Esperada: Um fluido é qualquer substância nos estados líquido, gasoso ou plasma. Se caracterizam por não ter forma definida e volume de difícil medição, ocupando a forma do recipiente que os contém.

Conceitos Trabalhados: Fluidos.

6 – O que é pressão atmosférica? Qual é o instrumento utilizado para sua medição?

Resposta Esperada: Pressão atmosférica é a pressão que a atmosfera terrestre faz em algum ponto abaixo dela. A própria pressão atmosférica é, olhando de forma abrangente, uma forma de pressão hidrostática. O instrumento para medir pressão atmosférica é o barômetro

Conceitos Trabalhados: Pressão Atmosférica; Barômetro.

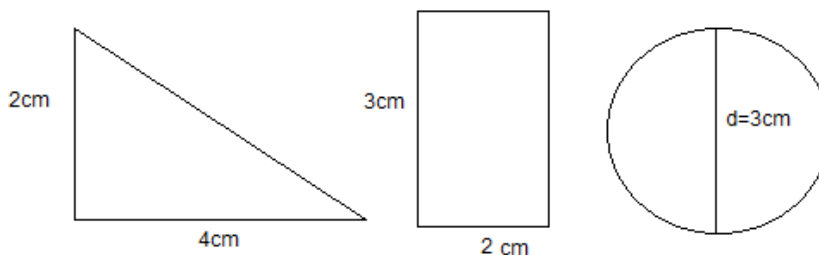
7 – O que é pressão hidrostática? Qual instrumento pode medi-la?

Resposta Esperada: Pressão hidrostática é aquela que uma coluna de algum fluido faz em determinado ponto abaixo desta mesma coluna. Mede-se a pressão hidrostática através de um manômetro.

Conceitos Trabalhados: Pressão hidrostática; Manômetro.

8 – Calcule as áreas das seguintes figuras, em cm²:

Figura 4 – Figuras geométricas: triângulo retângulo, retângulo e circunferência



Fonte: Elaborada pelo autor

Resposta Esperada:

$$\text{Triângulo: Área Triângulo Retângulo} = \frac{\text{cateto1} \times \text{cateto2}}{2} = \frac{4 \cdot 2}{2} = 4 \text{ cm}^2$$

$$\text{Retângulo: Área Retângulo} = \text{lado} \cdot \text{lado} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Círculo: Área Círculo} = \pi r^2 = 3,1415 \cdot 1,5^2 = 7,07 \text{ cm}^2$$

Conceitos Trabalhados: Área.

9 – Um homem utiliza um balão de gás, para verificar a pressão atmosférica, medindo-a através de um equipamento apropriado (conforme questão 6). O balão começa a subir, até alcançar uma altitude de 300 metros. O que ele observa nas medidas do referido equipamento enquanto o balão sobe? Explique.

Resposta Esperada: O barômetro indica menor pressão conforme o homem sobe, visto que na mesma proporção que ganha altitude, diminui a coluna de gases sobre si.

Conceitos Trabalhados: Pressão Atmosférica; Altitude; Teorema de Stevin.

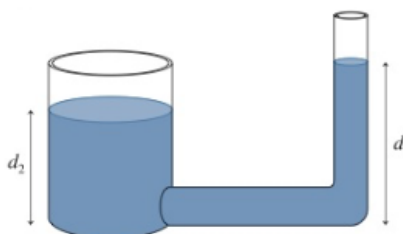
10 – Um homem utilizando equipamento de mergulho apropriado, com reserva de oxigênio, mergulha 20 metros de profundidade dentro da água. Para retornar à superfície, ele realizou o procedimento de subida de forma lenta e gradual. Justifique:

Resposta Esperada: Conforme o mergulhador sobe, a coluna de água sobre ele diminui, bem como a pressão. Como o ar em seus pulmões também sofre menos pressão, ele expande, podendo causar danos aos pulmões caso ele não tenha espaço para esse aumento de volume. Por isso, o mergulhador vai soltando o ar conforme sobe lentamente.

Conceitos Trabalhados: Pressão hidrostática, Teorema de Stevin, Volume.

11 – Na figura abaixo, há dois recipientes ligados por um cano em sua parte inferior. Se um líquido for posto no recipiente de maior raio, ele também irá para o de menor raio através do cano inferior que os conecta. Levando em conta o tamanho dos recipientes, analise as alturas d_1 e d_2 , justificando sua resposta.

Figura 5 – Vasos comunicantes



Fonte: Lisboa (2016)

Respostas Esperadas: As alturas apresentadas estão incorretas. De acordo com a Lei de Stevin, o somatório da pressão em vasos comunicantes deve ser igual em ambos os recipientes. Como a pressão atmosférica em ambos os vasos é a

mesma (ambos têm abertura na parte superior), e o líquido em ambos é o mesmo, as colunas de líquido d_1 e d_2 deveriam ser iguais.

Conceitos Trabalhados: Massa Específica, Lei de Stevin, Pressão Atmosférica, Vasos Comunicantes, Pressão Hidrostática.

12 – Marque V ou F: Na figura 5 do exercício anterior, a imagem poderia ser correta se houvesse líquidos imiscíveis e diferentes em cada ramo, e:

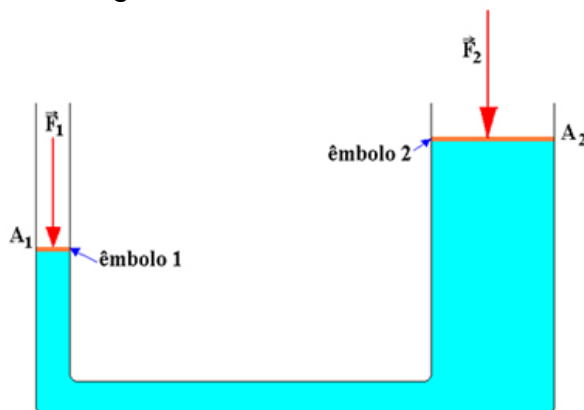
- () O líquido do recipiente mais largo tivesse maior massa específica.
- () O líquido do recipiente mais estreito tivesse maior massa específica.
- () O recipiente mais largo estivesse fechado em seu ponto mais alto.
- () Ambos os recipientes estivessem fechados em seu ponto mais alto.

Respostas Esperadas: V; F; F; F.

Conceitos Trabalhados: Massa Específica; Volume; Pressão Hidrostática; Pressão Atmosférica; Lei de Stevin; Vasos Comunicantes.

13 – Em um elevador hidráulico conforme figura 6, uma determinada força (\vec{F}_1) é aplicada em um êmbolo (1) de menor área, movimentando outro êmbolo maior (2) na outra extremidade. A força no êmbolo 2 é:

Figura 6 – Elevador Hidráulico



Fonte: Silva (2019)

- A) Maior que \vec{F}_1 .
- B) Igual a \vec{F}_1 .
- C) Menor que \vec{F}_1 .
- D) Depende da altura de líquido nos ramos (êmbolos).
- E) Depende da massa específica do líquido.

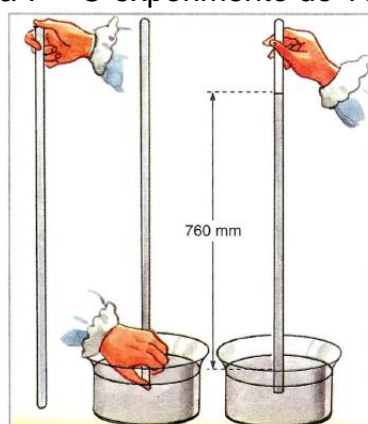
Resposta Esperada: Alternativa A

Conceitos Trabalhados: Área; Princípio de Pascal; Prensa Hidráulica.

14 – Complete as lacunas usando os termos MAIOR, MENOR ou IGUAL:

Em um planeta distante e de mesma aceleração gravitacional que a Terra, realizou-se um experimento idêntico ao realizado por Torricelli, conforme mostra a figura 7.

Figura 7 – O experimento de Torricelli



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999, p 250)

No entanto, a coluna de mercúrio neste experimento marcou 1000 mm de Hg. Isso ocorre, pois a pressão atmosférica do local é diferente que a da Terra. A pressão dentro do tubo com mercúrio tende a ser _____ à pressão fora do tubo de mercúrio. Como a altura da coluna de mercúrio na Terra é 760 mmHg, conclui-se que a pressão atmosférica do outro planeta é _____ que a da Terra.

Resposta Esperada: Igual, maior

15 – Quando estamos na piscina, aparentemente ficamos mais leves. O nosso PESO APARENTE muda. Qual é a razão para isso ocorrer?

Resposta Esperada: Isso ocorre, pois, o empuxo realiza uma força de sentido contrário à força peso, fazendo então esse peso aparente menor.

Conceitos Trabalhados: Empuxo.

16 – Explique por que um barco de várias toneladas flutua naturalmente, enquanto um saco de um quilograma de feijão, se solto na água, afunda.

Resposta Esperada: O empuxo, quando iguala a força peso, faz com que o material no fluido não afunde. O empuxo depende diretamente do volume do fluido deslocado, no caso, água. Logo, o volume de água que um barco de várias toneladas desloca é tão grande, que resulta em um empuxo suficiente para que seja igual à sua força peso, fazendo-o flutuar na água.

No caso de um quilograma de feijão, mesmo pesando muito menos, o volume total dele submerso desloca tão pouca água, que o empuxo não é suficiente para que ele flutue. A força peso ainda é maior que o empuxo, logo, ele afunda.

Conceitos Trabalhados: Volume, Força Peso, Empuxo.

3.1.1.5 Tarefa Extraclasse

Baseado na ideia Vygotskyana da produção social do conhecimento, o professor solicitou como tarefa, uma pequena entrevista dos alunos com um de seus pais ou familiares, com as seguintes perguntas:

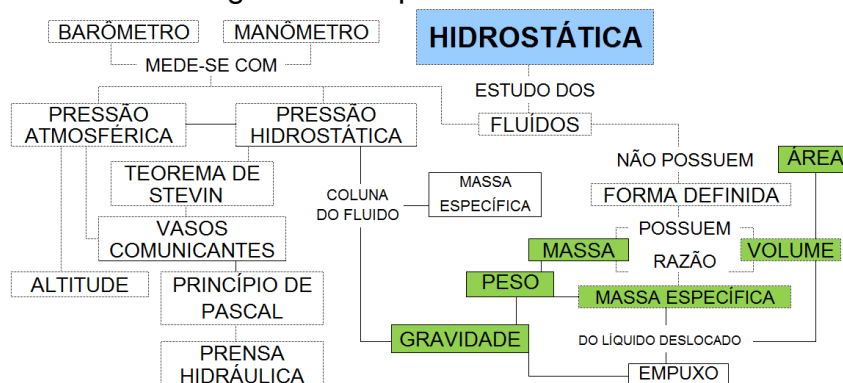
- 1 O que seu familiar conhece sobre pressão atmosférica?
- 2 Por que as caixas de água das casas ficam no alto?
- 3 Como as caixas de água são preenchidas?
- 4 Por que um barco flutua?

As respostas foram registradas no caderno dos alunos.

3.1.1.6 Produção do Mapa Conceitual da Turma

O mapa conceitual da turma foi construído pelo professor, mostrando os conhecimentos que os alunos já possuíam e os que não. Ele foi feito com base nas informações levantadas pelo questionário. A figura 8 mostra o mapa conceitual base feito pelo autor. O mapa da turma será apresentado junto com os resultados.

Figura 8 – Mapa conceitual ideal



Fonte: Elaborada pelo autor.

No mapa, em azul, os conceitos mais abrangentes, em verde, os subsunções básicos necessários para alicerçar os novos conhecimentos, e em branco, os novos conhecimentos a serem desenvolvidos.

3.1.1.7 Referências Bibliográficas

BOCAFOLI, Francisco. **Exercícios de vestibulares com resoluções comentadas sobre densidade e pressão**. Disponível em <http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao>. Acesso em: 12 jan. 2019.

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**. São Paulo: Editora FTD, 1999.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

ELARE COMERCIO ELETRÔNICO. **Cadeiras**. Disponível em www.elare.com.br. Acesso em: 12 jan. 2019.

LISBOA, Ronai. **Hidrostática: O equilíbrio num campo de forças**. Disponível em <https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/IFC2-2016-1/A02/A5.html>

PAIVA, Manoel. **Matemática Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 2000.

SILVA, D. C. M. **Prensa hidráulica**. Disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm>. Acesso em: 12 jan. 2019.

3.1.2 Plano de Aula 2: Reforço de Conceitos

A segunda aula do planejamento já utilizou como suporte o mapa conceitual e os subsunçores (ou a ausência dos mesmos) dos alunos. Foi necessário, primeiramente, trabalhar os possíveis conhecimentos ainda não adquiridos, porém fundamentais para compreender hidrostática. Só assim, foi possível prosseguir para uma aula introdutória. A segunda aula decorreu conforme o planejamento abaixo:

3.1.2.1 Dados da Aula 2

Título: Recuperação de conceitos e introdução à hidrostática.

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 27/03/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.2.2 Objetivo

▲ Analisar possíveis subsunçores ausentes e necessários para a continuidade lógica do desenvolvimento do conhecimento, e retomá-los em aula.

3.1.2.3 Metodologia

Aula expositiva dialogada, em que se utilizou o quadro e giz, além do livro didático e material didático fornecido aos alunos como recursos.

3.1.2.4 Desenvolvimento

O autor utilizou o resultado do mapa conceitual para iniciar uma retomada de conhecimentos que já deveriam estar estabelecidos na turma. Os subsunçores que não estavam estabelecidos e eram necessários (em verde no mapa conceitual ideal na figura 8), foram trabalhados em aula, com a finalidade de criar o ambiente mais propício possível para a aprendizagem significativa. Segue o planejamento de como

foi trabalhado cada subsunçor ausente. Os conceitos foram explicados pelo professor utilizando o quadro, e os alunos receberam o material impresso para acompanhar.

3.1.2.4.1 Área

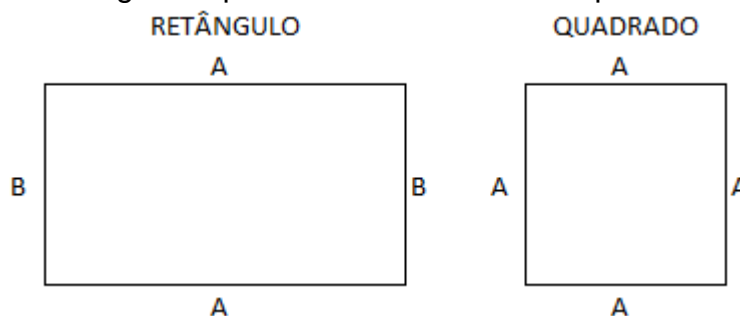
Área é um conceito matemático que pode ser definido como quantidade de espaço bidimensional, ou seja, de superfície. No sistema internacional de medidas, a área tem como medida o metro quadrado (m^2).

Na geometria plana, existem diversos formatos de figuras geométricas. Foram trabalhadas aqui as três principais: quadrados e retângulos, triângulo retângulo, e a área de um círculo.

a) Área do quadrado e do retângulo:

Um quadrado é formado por uma figura com 4 arestas, com ângulo de 90 graus em todas as suas quatro intersecções. O quadrado tem todas suas arestas de mesmo tamanho. Já um retângulo, apresenta as mesmas características, com a diferença que duas arestas paralelas entre si apresentam medidas diferentes das outras duas arestas paralelas entre si, conforme figura 9:

Figura 9 – Retângulo e quadrado como referência para cálculo de área



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para calcular a área de um quadrado, basta multiplicar uma de suas arestas por outra. Como todas são iguais:

Área de um quadrado = A^2 , sendo A = medida de uma de suas arestas.

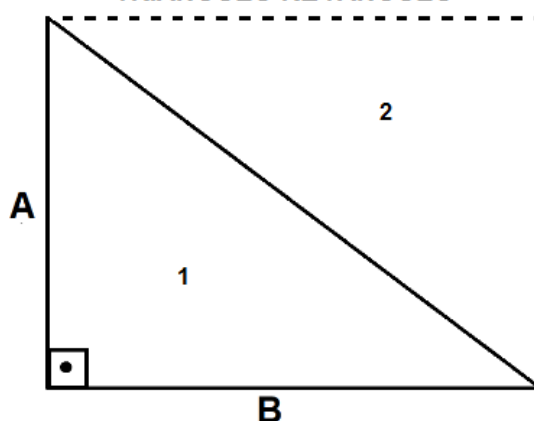
Para calcular a área de um retângulo, deve-se multiplicar uma das arestas maiores, por uma das menores. No caso da figura 9, seria:

Área de um retângulo = $A.B$

b) Área do triângulo retângulo:

O triângulo retângulo consiste em um triângulo onde seus catetos (A e B) formam entre si um ângulo de 90 graus e o lado oposto a este ângulo é denominado hipotenusa, conforme mostra a figura 10:

Figura 10 – Área do triângulo retângulo
TRIÂNGULO RETÂNGULO



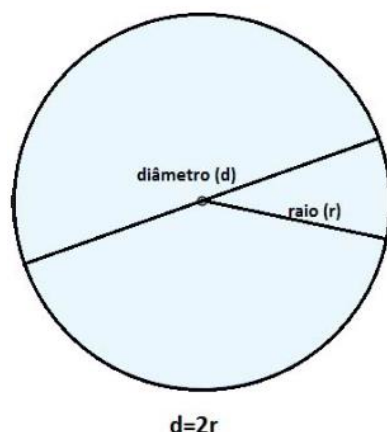
Fonte: Elaborada pelo autor.

O autor ressaltou que o triângulo retângulo, definido pelas linhas contínuas da figura 10, é exatamente metade de um retângulo ou quadrado. Inclusive, daí origina o nome da figura geométrica. Ficou claro, então, que para calcular a área de um triângulo retângulo, devia-se multiplicar seu cateto A pelo cateto B, e dividir o resultado por 2, obtendo então: Área do triângulo retângulo = $\frac{A \cdot B}{2}$.

c) Área do círculo:

O círculo é uma figura geométrica que se calcula de maneira um pouco diferente, porém, simples. Por não ter arestas, mas com uma única linha contínua que termina e começa nela mesma, o cálculo de sua área depende exclusivamente de seu raio. O raio nada mais é que a distância entre o centro da circunferência, e qualquer uma de suas extremidades. Foi lembrado, ainda, que o diâmetro consiste em uma reta que atravessa a circunferência pelo seu centro, ou seja, é o dobro do raio, conforme observa-se na figura 11:

Figura 11 – Área do círculo



Fonte: Gouveia (2019)

A forma de calcular a área de um círculo é o raio, multiplicado por ele mesmo, multiplicado por π . Logo:

$$\text{Área Círculo} = \pi r^2$$

3.1.2.4.2 Volume

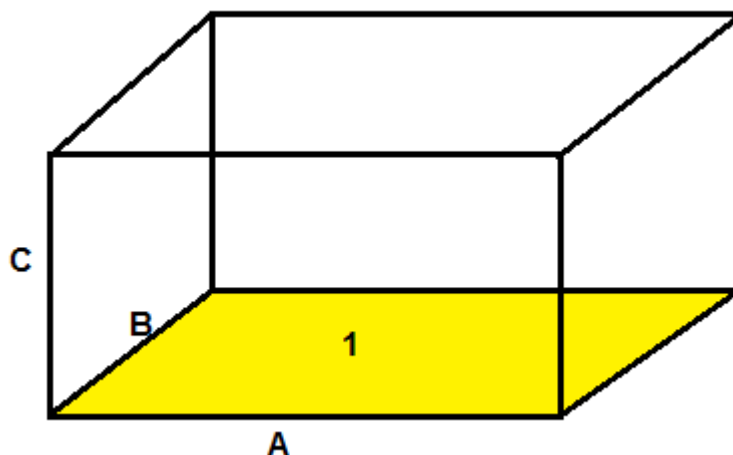
O conceito de volume foi definido como a quantidade de espaço que ocupa determinado corpo. Existem algumas unidades de medida para medir volume, sendo a reconhecida no SI como metro cúbico (m^3). Outra unidade de medida que, apesar de não ser a unidade oficial, é muito usada, é o litro.

Apesar de haver muitas figuras geométricas que podem ter seu volume medido, foram apresentadas três formas mais comuns: o paralelepípedo reto, a esfera e o cilindro.

a) O Paralelepípedo Reto

Um paralelepípedo reto consiste em um objeto volumétrico de 6 faces, todas quadradas (cubo) ou retangulares. Logo, todos os ângulos entre arestas formam, sempre, 90 graus. Para medir o volume de um paralelepípedo reto, o autor explicou que basta medir a área de uma de suas faces, e multiplicar pela medida de uma das arestas ortogonais ao plano da área, conforme figura 12:

Figura 12 – Volume de um paralelepípedo reto



Fonte: Elaborada pelo autor.

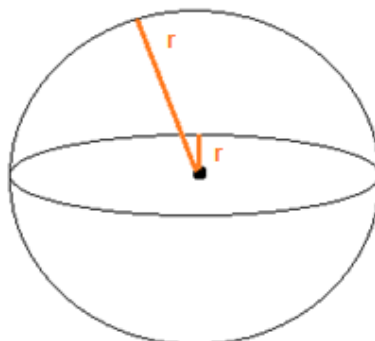
No exemplo acima, a parte amarela da figura 12, marcada como 1, é a área a ser calculada, que como já havia sido visto, descobre-se multiplicando A por B. Para saber o volume do cubo, basta multiplicar o resultado por C. Ficou claro, então:

$$\text{Volume do paralelepípedo reto} = A \cdot B \cdot C$$

b) A esfera

Primeiramente, foi necessário explicar que uma esfera não é o mesmo que um círculo. Uma esfera é uma figura geométrica nas três dimensões, como uma bola de futebol. Um círculo, é uma figura plana, como um círculo desenhado em uma folha de papel. Esclarecido isto, pôde-se calcular o volume de uma esfera, novamente, utilizando apenas o seu raio, conforme figura 13:

Figura 13 – Volume de uma esfera



Fonte: Elaborada pelo autor.

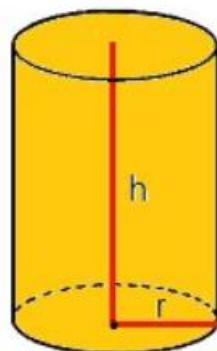
Na figura, tem-se o raio representado em duas direções distintas. Para calcular o volume de uma esfera, obteve-se portando:

$$\text{Volume da esfera} = \frac{4}{3}\pi r^3.$$

c) Volume do Cilindro

Por definição, o cilindro possui uma base circular, com corpo que sobe desta base circular até determinada altura. Exemplos de cilindros utilizados foram pilhas, latas de café solúvel, e objetos afins. Basicamente, bem como no cubo, em que se calculou uma das áreas e multiplicou-se pela medida ortogonal à essa área, calculou-se da mesma forma o volume de um cilindro, conforme a figura 14:

Figura 14 – Volume de um cilindro



Fonte: Castro (2014)

Para calcular o volume deste cilindro, foi solicitado que os alunos anotassem a equação da área da base, conforme havia sido já visto ao calcular a área de um círculo em aulas anteriores, e multiplicar pela altura h . Logo obteve-se:

$$\text{Volume do cilindro: } \pi r^2 \cdot h$$

d) Volume em litros

Como foi dito, outra importante unidade de medida de volume é o litro. Um litro possui 0,001 metros cúbicos. Explicou-se que 1 metro cúbico possui 1000 litros. Para fazer a conversão de uma unidade em outra, bastaria, portanto, aplicar uma regra de três simples.

3.1.2.4.3 Massa e Massa Específica

Foi retomado, então, o conceito de massa, que por definição, é a quantidade de matéria que um corpo possui ao longo de todo o seu volume. Ou seja, a massa total de um corpo independe de seu volume, pois se está medindo a quantidade de

matéria total que o corpo possui. A unidade de medida de massa, no SI, é o quilograma (kg). Nesse momento, o autor considerou oportuno comentar com os alunos sobre o conceito errôneo, porém comum, ao confundir massa com peso. Como viu-se, massa é a quantidade de matéria de um corpo. Já o peso, é a força à qual esse corpo está submetido pela atração gravitacional da Terra, cujo conceito foi visto em seguida.

Após ser definido o conceito de massa, foi possível verificar o conceito de massa específica e foi destacada a diferença em relação à densidade, conceito muito comumente usado em materiais didáticos. A massa específica é a quantidade de massa que determinado material possui, em quilogramas, dividido pelo seu volume, em um metro cúbico. No SI, sua unidade é o kg/m³. Ou seja, comparando dois materiais, por exemplo, 1 kg de aço e 1 kg de algodão, o algodão irá ocupar muito mais espaço (volume) do que o aço, logo, o algodão possui menor massa específica. O conceito de massa específica pode ser representado pela seguinte equação:

$$\mu(\text{massa específica}) = \frac{\text{massa total (kg)}}{\text{volume total (m}^3\text{)}}$$

No entanto, observe que o volume utilizado na notação da massa específica, é o volume que a massa ocupa. Ou seja, se for medida uma esfera oca de algum material, não se utilizará, para o cálculo de massa específica, o volume total da esfera, mas sim o volume útil que a massa ocupa (que seria o volume total, menos o volume da esfera oca que está dentro). Já para calcular a densidade aparente, aí sim se utiliza o volume total que o objeto ocupa.

3.1.2.4.4 Aceleração da Gravidade e Força Peso

A aceleração da gravidade corresponde à aceleração à qual um corpo está submetido devido a outro corpo. A gravidade é a responsável para que corpos voltem (caiam) pois a Terra os atrai, e por ter massa muito elevada, os mantém sobre sua superfície. O autor informou aos alunos que, como referência, utiliza-se a aceleração gravitacional média na Terra, que é aproximadamente 9,8 m/s², e aponta sempre para o centro da Terra. Conforme alguém se afasta do centro da Terra, por exemplo, subindo com um foguete, ou subindo em um monte muito elevado, cada

vez mais distante do centro de massa terrestre, há uma leve diminuição na aceleração da gravidade sobre os corpos com a altitude e latitude.

O autor frisou então a diferença de três grandezas que podem se confundir: peso, massa e aceleração da gravidade. Enquanto o conceito de aceleração da gravidade já foi definido, bem como o de massa, o peso foi apresentado como uma terceira grandeza, que surge da relação das duas anteriores. A força que a gravidade realiza sobre um corpo, depende da massa desse corpo. Essa força é denominada peso. Então, explicou o autor, peso nada mais é que a multiplicação da massa total de um corpo, pela aceleração da gravidade no local onde o corpo se encontra, medido em newtons:

$$\text{Peso (N)} = \text{massa total (kg)} \times \text{aceleração da gravidade local} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

Outra unidade de medida de peso é quilograma-força (kgf). Por definição, é a força exercida em um corpo de 1 kg a uma aceleração de $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, ou seja, ao nível do mar, a 45° de latitude. Para conversão, 1 quilograma-força corresponde a aproximadamente 9,8 newtons.

3.1.2.4.5 Exercícios em aula

1 – Um retângulo de área 20 m^2 possui uma medida de 12 metros em duas de suas arestas. Qual é a medida das outras duas arestas?

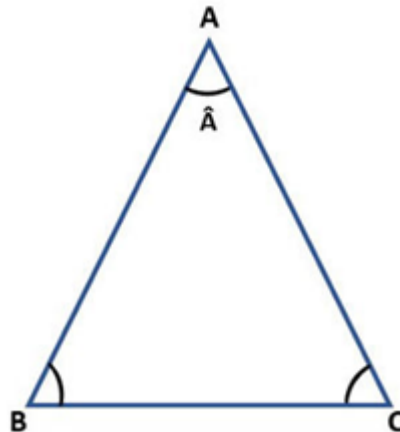
Resposta esperada: A área de um retângulo se dá pela relação da multiplicação de um dos lados maiores por um dos lados menores. Tem-se então:

$$20 \text{ m}^2 = 12 \text{ m} \cdot x$$

$$x = \frac{20 \text{ m}^2}{12 \text{ m}} = 1,66 \text{ m}$$

2 – Um triângulo isósceles, conforme figura 15, possui altura (medida do ponto A até o ponto central entre B e C) 7 cm. Sabendo que a medida B-C é de 6 cm, calcule a área total do triângulo.

Figura 15 – Triângulo isósceles



Fonte: Gouveia (2019)

Resposta Esperada: Pode-se dividir a figura em dois triângulos retângulos, calculá-los individualmente, e somá-los. No entanto, como ambos são iguais, basta calcular um deles, e multiplicar o resultado por 2.

Cateto 1 = altura = 7 cm

Cateto 2 = ponto médio entre B e C = $\frac{6}{2} = 3$ cm

Área = $\frac{7 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}}{2} = 10,5 \text{ cm}^2$. Multiplicando por 2 tem-se 21 cm^2

3 – Calcule a área de um círculo de diâmetro 8 cm.

$A = 3,1415 \times 8^2 = 201,05 \text{ cm}^2$

4 – Calcule o volume de uma esfera de 8 cm de raio.

Resposta Esperada: Volume = $\frac{4 \times 3,1415 \times 8^3}{3} = 2144,6 \text{ cm}^3$

5 – Calcule o volume de um cilindro de raio 3 cm e altura 10 cm.

Resposta Esperada:

Área da Base: $3,1415 \times 3^2 = 28,2 \text{ cm}^2$

Volume Cilindro = Área Base x Altura

Área da Base: $28,2 \text{ cm}^2$

Altura: 10 cm

Volume: $28,2 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm} = 282 \text{ cm}^3$

6 – Calcule a massa específica de um corpo, sabendo que o peso desse corpo, na Lua, é 32 N, e o volume dele é $0,4 \text{ m}^3$. Considere a aceleração gravitacional na Lua $1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Resposta Esperada:

Peso= $m \times g$. Logo $32 \text{ N} = m \times 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Então $m = 20 \text{ kg}$

$$\mu = \frac{m}{V}. \text{ Logo } \mu = \frac{20 \text{ kg}}{0,4 \text{ m}^3} = 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

3.1.2.5 Referências Bibliográficas:

CASTRO, Jose V. B. J. **Volume do cilindro**. Disponível em <https://www.infoescola.com/matematica/volume-do-cilindro/>. Acesso em 12 jan. 2019.

GOUVEIA, Rosimar. **Área do círculo**. Disponível em <https://www.todamateria.com.br/area-do-circulo/>. Acesso em: 12 jan. 2019.

3.1.3 Plano de Aula 3: Introdução à Hidrostática

Após ter retrabalhado durante uma aula com os conceitos deficitários, o professor iniciou o tema hidrostática.

3.1.3.1 Dados da Aula 3

Título: Hidrostática e a pressão

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 03/04/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.3.2 Objetivos

- ✦ Conceituar hidrostática.
- ✦ Definir e diferenciar pressão, pressão hidrostática, pressão atmosférica.

3.1.3.3 Metodologia

Aula expositiva, utilizando quadro e giz, e o simulador virtual Phet. Foram utilizados como apoio para o desenvolvimento desta aula as obras de Carron e Guimarães (1999) e Gaspar (2006).

3.1.3.4 Desenvolvimento

Cada tópico foi iniciado debatendo sobre o assunto, para então partir para conceitos definidos e analisados com o auxílio do quadro. Os alunos puderam realizar apontamentos junto ao material da aula disponibilizado pelo professor de forma impressa. Ao final de cada tema central, um experimento relacionou os novos conhecimentos com as observações feitas.

3.1.3.4.1 *O que é a Hidrostática*

A hidrostática é o estudo dos fluidos em repouso, e o comportamento dos mesmos ao sofrerem ação de forças, ou as forças por eles exercidas. Mas, apesar do nome da unidade de ensino iniciar com o prefixo “hidro”, o que remete sempre à água ou líquidos, os fluidos não se limitam a eles. Os fluidos podem ser líquidos, gases e plasmas. Basicamente, o fluido, apesar de conter forças intermoleculares que deixem suas moléculas unidas, possui liberdade de forma, ou seja, não possui uma forma definida. Um comportamento muito comum do fluido, é ter o formato do recipiente que o acomoda.

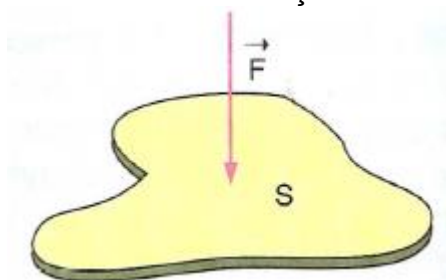
Aqui, o professor pediu aos alunos alguns exemplos de fluidos, para averiguar se a definição dada ficou clara.

3.1.3.4.2 *Conceitos sobre pressão*

O autor solicitou aos alunos que imaginassem uma pessoa com um prego com ponta e outro prego sem ponta. Ela tentaria pregar ambos com o mesmo martelo, a mesma força, na mesma madeira. O questionamento foi se haveria algum que entraria mais facilmente. Nesse momento, o professor fomentou uma breve discussão da resposta e as justificativas da resposta dos alunos.

Em seguida, explicou que, fundamentalmente, a diferença entre as duas situações está na área de contato. Ou seja, tem-se a mesma força, aplicada em superfícies de áreas de contato diferentes. É como se essa força se dividisse em cada ponto infinitesimal da superfície, então, no caso do prego com ponta, a força fica localizada exatamente na ponta, e no prego sem ponta, ela se espalha pela extremidade plana do prego. Esse é exatamente o conceito de pressão. Quanto maior a área de aplicação da força, menor a pressão, e quanto menor a área da aplicação da força, maior a pressão. Logo, foi evidenciado aos alunos que a pressão é inversamente proporcional à área de contato e diretamente proporcional à força.

Figura 16 – Pressão: Força em uma área



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999, p. 245)

Na figura 16, \vec{F} representa a força que exerce a pressão no ponto do plano de área S . A força que cria a pressão, sempre deve estar em um ângulo de 90 graus em relação ao plano onde foi aplicada (perpendicular). Tem-se então:

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

Sendo p = pressão;

F = Força aplicada;

S = Área de contato na qual é aplicada a força.

Analisando a unidade de medida, evidenciou-se:

$$p = \frac{[\text{N}] \text{ (da força)}}{[\text{m}^2] \text{ (da área)}} = \text{pascal [Pa]}$$

3.1.3.4.3 Pressão Hidrostática

Bem como em um sólido, os fluidos exercem pressão em outros corpos devido ao seu peso. O autor instigou os alunos a imaginarem um mergulhador no mar, que quanto mais fundo mergulha, mais pressão da água sofre, pois há mais água acima dele. Ou seja, ficou claro que a pressão é diretamente proporcional à coluna de água acima do mergulhador. Mas e se no lugar de água, existisse outro líquido de massa específica maior, a pressão nesse mesmo mergulhador à essa mesma profundidade diminuiria ou aumentaria? Bem, relacionando a primeira informação dada na aula, que diz que o peso do fluido exerce pressão, pôde-se imaginar que um material com maior massa específica aplicaria ainda mais pressão, não é? Foi lembrada, novamente, a seguinte relação já estabelecida:

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

Verificou-se, através das equações e relações algébricas abaixo representadas, que a força peso é igual à massa total do objeto multiplicada pela aceleração da gravidade. Ainda, observou-se que a massa total é igual ao volume do objeto, vezes a massa específica. E ainda pôde-se escrever que o volume de um objeto é a área da base vezes a altura. Foi possível, dessa forma, chegar às seguintes relações:

$$\boxed{p = \frac{F}{S}} \rightarrow F = mg \rightarrow \boxed{p = \frac{m \cdot g}{S}}$$

$$m = \mu \cdot V \rightarrow \boxed{p = \frac{\mu \cdot V \cdot g}{S}}$$

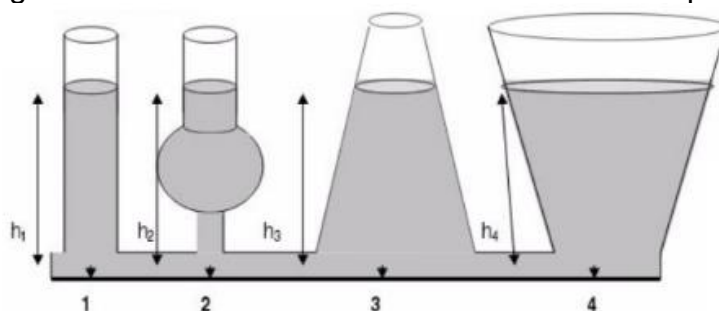
$$V = S \cdot h \rightarrow \boxed{p = \frac{\mu \cdot S \cdot h \cdot g}{S}}$$

Tem-se por fim:

$$\boxed{p = \mu \cdot g \cdot h}$$

Concluiu-se, portanto, que a pressão exercida por um fluido depende da altura da coluna desse fluido que está acima do ponto analisado (h , em metros), da massa específica desse fluido (μ , em $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), e da aceleração da gravidade no local (g , em $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$), e é chamada **PRESSÃO HIDROSTÁTICA**. Frisou-se também que a altura a ser levada em consideração, é a altura da coluna **ACIMA** do ponto onde se deseja calcular a pressão. É interessante perceber que a área que está acima do ponto não faz diferença alguma, somente a altura. O autor refletiu com os alunos, baseado nas análises acima efetuadas, que dois recipientes de diferentes raios e formatos, contendo o mesmo líquido numa mesma altura, possuem pressões idênticas nos seus pontos mais baixos, conforme figura 17:

Figura 17 – Vasos comunicantes e a altura dos líquidos



Fonte: Prieto (2016)

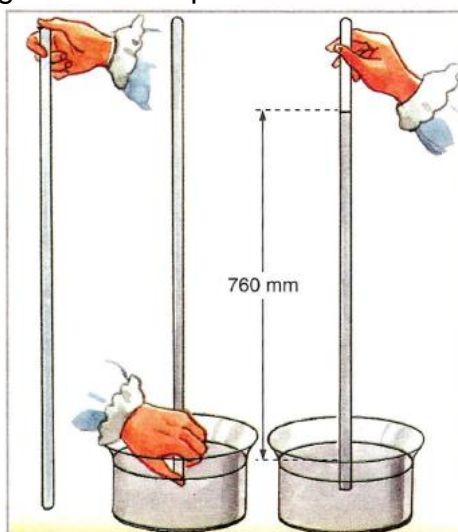
Aqui, foi invocada novamente a problemática da caixa de água sempre ser instalada no ponto mais alto em relação à casa que ela abastece. Devido à diferença de altura entre a caixa e o ponto para onde a água deve fluir, a pressão hidrostática faz com que a água de fato vá da caixa para os pontos mais baixos, de menor pressão. As caixas das casas, por sua vez, são abastecidas por caixas de água maiores, normalmente fixas nos locais mais altos da cidade, ou por bombas hidráulicas instaladas em depósitos de água, que levam a água até pontos mais altos. O instrumento para medir a pressão de fluidos é o manômetro, que consiste em um aparelho que aparenta um relógio antigo, onde os ponteiros mostram a pressão no local instalado.

O professor não aprofundou mais sobre o assunto manômetro, mais especificamente o manômetro em U, pois um dos experimentos subsequentes aborda o funcionamento deste equipamento.

3.1.3.4.4 Pressão Atmosférica

Em torno da Terra há uma camada de gases denominada atmosfera, composta principalmente por nitrogênio e oxigênio. Como esses gases possuem massa, e por consequência, peso, eles exercem uma pressão sobre a superfície. Esta é denominada pressão atmosférica. Para que fossem mais facilmente assimiladas as medidas de pressão atmosférica, o autor julgou necessário recorrer ao contexto histórico e voltar ao ano de 1643. Um cientista chamado Torricelli encheu um tubo de 1 metro com mercúrio, estando ao nível do mar. O tubo ficou com a abertura para baixo, e foi posto em um vasilhame maior que também continha mercúrio. O professor desenhou no quadro uma situação semelhante à figura 7:

Figura 7 – O experimento de Torricelli



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999, p. 250)

Neste ponto, o professor realizou um debate sobre quais seriam os motivos possíveis, para que a coluna de mercúrio remanescente ficasse exatamente a 760 mm. Analisando o experimento, concluiu-se que a pressão dentro do tubo dependia apenas da coluna do mercúrio, pois ele é fechado em sua porção superior (não recebe pressão da atmosfera). Já a pressão no vasilhame, dependia somente da pressão atmosférica.

Na situação de equilíbrio, a pressão dentro do tubo igualou a pressão atmosférica. Logo, o mercúrio no tubo desceu a 760 mm. Então, Torricelli mediu a pressão atmosférica com base na altura da coluna do mercúrio. Assim, pôde-se concluir que no nível do mar $p_{\text{atm}} = 760 \text{ mmHg}$, ou $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$. Já calculando em pascals, a pressão atmosférica ao nível do mar é aproximadamente $1.10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Uma forma simples de comprovar a existência da pressão atmosférica seria fechar uma lata e depois, com uma bomba de vácuo, retirar grande parte do ar de dentro dela. A bomba de vácuo funciona como um aspirador de pó, retirando ar de dentro da lata. Como a pressão externa fica maior que a interna, a pressão atmosférica acaba deformando a lata. Pode-se ver a mesma relação ao encher uma sacola com ar, e depois com a boca sugar o ar de dentro. Ao sugar, a pressão interna fica menor que a externa, e a sacola deforma, diminuindo de volume.

É importante frisar que, quanto maior a altitude (em relação ao nível do mar), menor é a pressão atmosférica. Isso se deve tanto à altura menor de coluna de ar, mas também porque o ar não se distribui de maneira uniforme pela atmosfera. Devido à ação da gravidade, o ar fica mais próximo da superfície, então a massa

específica do ar fica menor, ou, como é comum ouvir, o ar fica rarefeito à medida que alguém se afasta da superfície da Terra.

3.1.3.4.5 Simulador virtual Phet para pressão hidrostática

O autor, para tornar a aula mais atrativa e despertar o interesse do aluno sobre o tema, utilizou o simulador Phet, encontrado em https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html (WIEMAN, 2019), que simula um recipiente e um medidor de pressão (manômetro). No simulador, pode-se alterar as seguintes variáveis: altura e massa específica do líquido, considerar ou não a influência da atmosfera, e a aceleração da gravidade. Todas essas variáveis alteram a pressão medida pelo manômetro.

Como havia apenas um computador disponível em sala de aula, os alunos foram reunidos e, utilizando o projetor, foi perguntado ao grande grupo quais variáveis eles queriam mudar. Dessa forma, os alunos foram escolhendo as mudanças e verificando as alterações na medição da pressão que essas mudanças causavam. Em alguns momentos, o professor pediu que definissem algumas variáveis, deixando uma como incógnita. Os alunos então calcularam em seus cadernos essa incógnita, e confrontaram os resultados com o que o programa apresentava.

3.1.3.4.6 Exercícios

O autor aplicou alguns exercícios de fixação em aula com os alunos. Os exercícios foram impressos e entregues aos alunos, pois caso não desse tempo de resolver em aula, poderiam resolver como tarefa extraclasse. Foram eles:

1 - A massa específica da prata é $10,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. O que isso significa?

Resposta Esperada: significa que em um volume de um centímetro cúbico, existem 10,5 gramas de prata.

2 - Uma substância tem massa de 600 g e volume de 45 cm^3 . Determine sua massa específica, em $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ e $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Resposta Esperada:

$$\mu = \frac{m}{V}. \text{ Logo:}$$

$$\frac{600 \text{ g}}{45 \text{ cm}^3} = 13,33 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\frac{1000 \text{ g}}{600 \text{ g}} = \frac{1 \text{ kg}}{x \text{ kg}}. X = 0,6 \text{ kg}$$

$$\frac{1000000 \text{ cm}^3}{45 \text{ cm}^3} = \frac{1 \text{ m}^3}{x \text{ m}^3}. X = 0,000045 \text{ m}^3$$

$$\frac{0,6}{0,000045} = 13333,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

3 - Misturam-se os líquidos A e B. O líquido A tem 120 cm³ e uma massa específica de 19 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. O líquido B tem 50 cm³ e uma massa específica de 38 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Qual a massa específica da mistura?

Resposta Esperada:

Massa total líquido A: 120.19= 2280 g

Massa total líquido B: 50.38= 1900 g

Volume total: 120+50= 170 cm³

Massa total: 4180 g

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

$$\text{Massa específica da mistura: } \frac{4180 \text{ g}}{170 \text{ cm}^3} = 24,59 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

4 - Uma faca está “cega”. Por que, ao afiá-la, ela corta melhor?

Resposta Esperada: Quanto mais “cego” está o fio da faca, significa que ele está com uma superfície de contato em relação ao que vai ser cortado maior. Ao afiar a faca, seu fio fica mais fino, diminuindo a superfície de contato, gerando mais pressão em uma única linha, cortando, assim, com mais facilidade.

5 – Na neve, as pessoas usam sapatos com formas de esquis para andar sem afundar. Uma pessoa que pesa 700 N usa sapatos de área 0,05 m². Porém, a região de neve onde ela está suporta uma pressão máxima de 10000 $\frac{N}{m^2}$

- Ela afunda ou não usando somente os sapatos?
- Caso afunde, qual a área dos esquis que ela teria de usar para não afundar?

Resposta esperada:

a) Pressão original da pessoa sobre a neve: $p = \frac{F}{A}$. Logo $p = \frac{700 \text{ N}}{0,05 \text{ m}^2} = 14000 \frac{N}{m^2}$. A pressão original é maior que a pressão que a neve suporta, logo, a pessoa deverá afundar

b) Área Ideal: $p = \frac{F}{A}$. Logo: $10000 \frac{N}{m^2} = \frac{700 \text{ N}}{A}$. Logo se tem $A = 0,07 \text{ m}^2$.

6 - Determine, em $\frac{N}{m^2}$, a pressão exercida por um prédio de 600 toneladas, com área base de 300 m². Considere $g = 10 \frac{m}{s^2}$.

Resposta Esperada: $p = \frac{F}{A}$. Logo: $p = \frac{6000000}{300} = 20000 \frac{N}{m^2}$.

7 - Por que o volume de um balão aumenta quando ele sobe, sendo que a uma altitude muito grande ele pode até arrebentar?

Resposta Esperada: Pois a pressão dentro do balão se torna maior que a pressão externa, visto que conforme o balão sobe, a pressão atmosférica diminui. Logo, o gás dentro do balão consegue expandir.

8 - Por que o suco sobe por um canudinho ao “sugar”?

Resposta Esperada: Ao sugarmos pelo canudo, tornamos a pressão dentro do canudo menor que a pressão sobre o líquido. Logo, o suco escoar para a região de menos pressão, empurrado pela pressão atmosférica.

9 - Um jarro de raio 10 cm e altura 20 cm possui água em seu interior, até sua borda superior. Qual é a pressão no fundo do jarro? Considere $g = 10 \frac{m}{s^2}$ e $\mu_{H_2O} = 997 \frac{kg}{m^3}$.

Resposta Esperada:

$p = \mu \cdot g \cdot h$, logo:

$$p = 997 \cdot 10 \cdot 0,2 = 1994 \frac{N}{m^2}$$

3.1.3.4.7 Tarefa extraclasse

Discuta os novos conceitos de pressão hidrostática com as mesmas pessoas da sua casa com as quais fez a discussão da aula 2, e veja se eles conheciam as respostas sobre caixas de água anteriormente feitas. Caso não, explique a eles.

3.1.3.5 Referências Bibliográficas

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**. São Paulo: Editora FTD, 1999.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

GASPAR, Alberto. **Física Brasil Volume Único**. São Paulo: Editora Ática, 2006.

PRIETO, Tomás. **Los Vasos Comunicantes**. Disponível em <https://www.amediar.info/los-vasos-comunicantes/>. Acesso em 19 jan. 2019.

WIEMAN, Carl. **Under Pressure**. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html. Acesso em: 15 fev. 2019.

3.1.4 Plano de Aula 4: Teorema de Stevin, Vasos Comunicantes

Após ter analisado na aula anterior os conceitos de pressão atmosférica, pressão hidrostática, foi possível definir o Teorema de Stevin, e a partir deste, relacionar como a pressão influencia dois recipientes conectados.

3.1.4.1 Dados da Aula 4

Título: Hidrostática: Teorema de Stevin e os Vasos Comunicantes

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 09/04/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.4.2 Objetivo

▲ Apresentar o Teorema de Stevin e sua relação com vasos comunicantes.

3.1.4.3 Metodologia

Aula expositiva dialogada, utilizando projeção de slides (fornecidos digitalmente aos alunos), quadro, giz e livro didático. Aula experimental (execução e/ou demonstração). Para a elaboração da aula foi utilizado como apoio e referência o livro de Bonjorno e Clinton (1999) e vídeos do canal Física Universitária, do Youtube.

3.1.4.4 Desenvolvimento

3.1.4.4.1 Resolução de exercícios e esclarecimento de dúvidas

Ao iniciar a quarta aula, o autor abriu um momento para esclarecer dúvidas quanto aos exercícios da última aula, além de ter oportunizado um momento para

esclarecimento de dúvidas dos assuntos anteriores. Somente após estes esclarecimentos, deu-se o prosseguimento à explanação de novos conhecimentos, iniciados pelo Teorema de Stevin. Esta aula se deu por apresentação de slides e vídeo. Os slides estão demonstrados no Apêndice A.

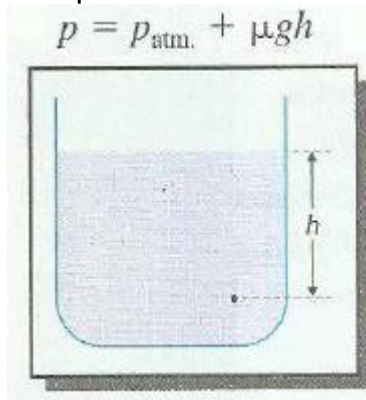
3.1.4.4.2 Teorema de Stevin

O teorema de Stevin foi elaborado em meados de 1500 pelo engenheiro belga Simon Stevin. O teorema define a pressão absoluta exercida em determinado ponto de um líquido homogêneo. Basicamente, esta pressão absoluta é o somatório da pressão atmosférica à qual o líquido está submetido, com a pressão que o líquido faz em determinado ponto. A pressão do líquido é determinada, como já havia sido visto anteriormente na aula 3, pela massa específica do líquido (μ), pela coluna de água acima do ponto analisado, e pela aceleração gravitacional local. Logo:

$$p_{abs} = p_{atm} + p_{hidro}.$$

Foi possível verificar estas relações na figura 18:

Figura 18 – Pressão absoluta em um ponto situado dentro de um líquido sob ação da pressão atmosférica



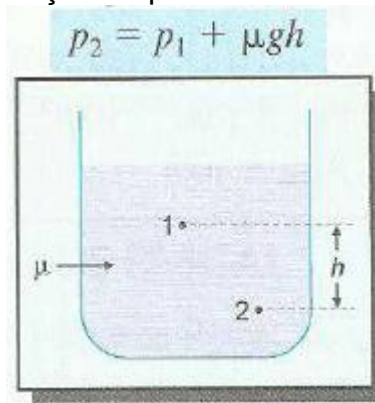
Fonte: Carron, Guimarães (1999, p. 83)

Logo, pode-se também determinar a diferença de pressão Δp , entre um ponto e outro dentro do mesmo líquido. Essa diferença de pressão é definida por:

$$\Delta p = \Delta h \cdot \mu \cdot g.$$

Essa relação pode ser utilizada para calcular a diferença de pressão entre dois pontos como mostra a figura 19:

Figura 19 – Diferença de pressão entre dois pontos situados dentro de um líquido sob ação da pressão atmosférica



Fonte: Carron, Guimarães (1999, p. 83)

Sendo Δp a diferença de pressão entre os dois pontos, μ a massa específica do líquido, Δh a diferença de altura entre os dois pontos, e g a aceleração da gravidade local.

Neste ponto da aula, realizou-se dois problemas de exemplo, no quadro, com os alunos:

A) Um recipiente está preenchido com um líquido cuja massa específica é $1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Um corpo está no fundo do recipiente, e outro, na metade da altura deste mesmo recipiente. Considerando a aceleração da gravidade local $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, e a altura do recipiente igual a 0,5 metros, determine a diferença de pressão Δp entre os dois corpos.

Resolução:

$$h_2 = 0,5 \text{ metros}$$

$$h_1 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ metros}$$

$$\mu = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p_2 = p_1 + \mu gh \text{ (entre os pontos)}$$

$$p_1 = \mu gh_1 + p_{\text{atm}}$$

$$p_2 = \mu gh_2 + p_{\text{atm}}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = (\mu g h_2 + p_{\text{atm}}) - (\mu g h_1 + p_{\text{atm}})$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \mu g h_2 - \mu g h_1$$

$$p_2 = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,5 \text{ m} = 6860 \text{ Pa}$$

$$p_1 = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,25 \text{ m} = 3430 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 6860 - 3430 = 3430 \text{ Pa}$$

B) Um tubo de ensaio possui 20 cm de altura, e é preenchido com água. Considerando $p_{\text{atm}} = 1.10^5 \text{ Pa}$, $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ e $\mu = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, determine a pressão absoluta no fundo deste tubo.

Resolução:

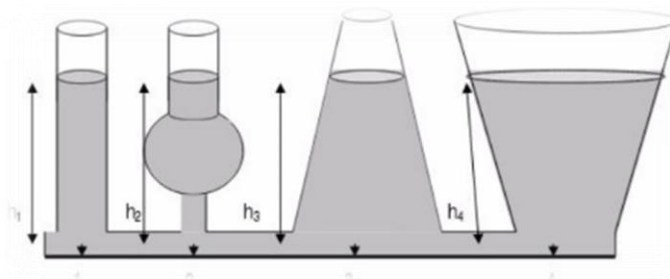
$$p_{\text{abs}} = \mu g h + p_{\text{atm}}$$

$$p_{\text{abs}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,2 \text{ m} + 1.10^5 \text{ Pa} = 101960 \text{ Pa}$$

3.1.4.4.3 Vasos Comunicantes

Vasos comunicantes é o nome dado a um conjunto de recipientes conectados entre si. A figura 17 nos mostra um exemplo de vasos comunicantes:

Figura 17 – Vasos comunicantes e a altura dos líquidos

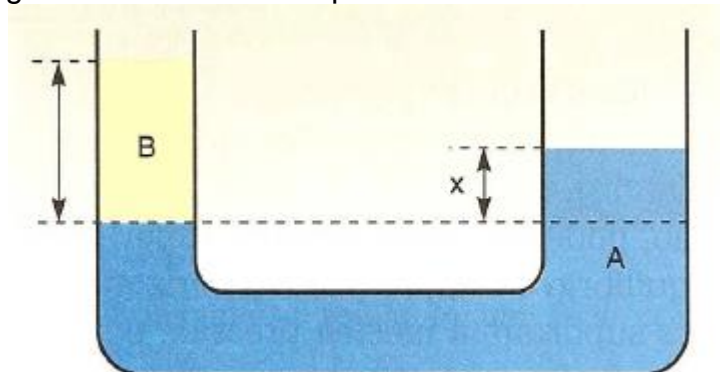


Fonte: Prieto (2016)

O teorema de Stevin nos diz que a pressão exercida em quaisquer pontos de um fluido em um recipiente, desde que estejam na mesma altura, deve ser a

mesma. Porém, esta afirmação nem sempre significa que a altura máxima dos fluidos presentes no conjunto seja igual, mas sim **sua pressão**. Na figura 17, se um dos vasos não possuir abertura, não estará sujeito à pressão atmosférica. Logo, para ter a mesma pressão que os outros vasos, necessitaria de uma coluna de água maior. Outro exemplo interessante seria o de dois líquidos distintos e heterogêneos. Se em um dos vasos contiver um líquido de maior massa específica, o outro vaso terá uma coluna de líquido maior, para igualar a pressão, bem como a figura 20 demonstra:

Figura 20 – Diferentes líquidos em vasos comunicantes



Fonte: Bonjorno (1999)

Em seguida, o professor resolveu um exercício no quadro sobre o tema proposto, utilizando a figura 20:

A) Na figura 20, a água (em azul) está no recipiente junto com outro líquido (amarelo). A altura da coluna evidenciada como x é de 10 centímetros. Qual é a altura da coluna do líquido B, sabendo que:

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \mu_{\text{líquido}} = 415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Resolução:

Foi deixado claro, primeiramente, que a pressão nos 2 ramos é igual. Comentou-se também que a pressão abaixo da linha pontilhada é a mesma, portanto, não foi considerada no cálculo. Também, não foi considerada a pressão atmosférica no cálculo, pois é a mesma em ambos os ramos. Logo, foi calculada a pressão no ramo que contém só água, da linha pontilhada para cima (x). Essa pressão, deveria ser igual à da coluna de B.

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \mu_{\text{H}_2\text{O}} \times g \times h_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,1 \text{ m} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 980 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{líquido}} = \rho_{\text{líquido}} \times g \times h = 415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{líquido}}$$

$$980 \text{ Pa} = 415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h \text{ . Logo } h = 0,24 \text{ m}$$

3.1.4.5 Experimentação – Laboratório Estruturado

O professor ao final da aula apresentou três experimentos. Um deles sobre vasos comunicantes, outro sobre Teorema de Stevin, e o bebedouro de passarinho, que evidencia a ação da pressão atmosférica.

3.1.4.5.1 Experimento 1: Vasos Comunicantes

No primeiro experimento, havia quatro aparatos montados. Então a turma foi dividida em quatro grupos para trabalhar. O experimento consiste em uma mangueira em forma de U, com ambas as extremidades abertas, fixada em uma estrutura com cola quente, conforme pode-se ver na fotografia 1:

Fotografia 1 – Experimento de vasos comunicantes



Fonte: Registrada pelo autor.

O roteiro do experimento foi disponibilizado impresso aos alunos, e decorreu conforme a seguir:

Considerando a gravidade local $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$:

- a) Preencha com água a mangueira até a metade.

- b) Despeje com parcimônia, em apenas uma das aberturas, certa quantidade de óleo, escolhida pelo seu grupo, usando um funil.
- c) Depois do óleo se estabilizar, meça com uma régua a altura do ramo que possui apenas água, a partir do seu ponto mais baixo. Transforme a medida para metros. Anote.
- d) Meça a altura de coluna de água no ramo com óleo. Transforme para metros. Anote.
- e) Meça a altura da coluna de óleo formada. Transforme para metros. Anote.
- f) Calcule, de acordo com o Teorema de Stevin, a pressão que o ramo só com água exerce no ponto mais baixo do ramo.
- g) Calcule, de acordo com o Teorema de Stevin, a pressão que a coluna de água do ramo onde há óleo exerce no ponto mais baixo do ramo.
- h) Iguale as pressões do ramo só com água, e do ramo água + óleo. Deixe a pressão do óleo como incógnita, e calcule a pressão exercida pelo óleo.
- i) Com a pressão da coluna de óleo definida, e a altura medida em metros, calcule a massa específica do óleo.
- j) Compare o resultado obtido, com a massa específica de referência do óleo ($891 \frac{kg}{m^3}$) e comente os resultados.

3.1.4.5.2 Experimento 2: Teorema de Stevin

O segundo experimento teve um caráter mais ilustrativo. Um único aparato, formado por uma mangueira em U, contendo um líquido com corante, foi conectado a outra mangueira com balão com um pouco de ar na ponta. Esse balão foi mergulhado em um recipiente com água. Conforme o balão mergulha, a água exerce pressão e empurra o líquido na mangueira em U.

O professor evidenciou que movendo o balão em diferentes pontos da água não faziam diferença, a não ser que se mudasse a profundidade. Ele demonstrou a diferença de pressão entre duas alturas distintas dentro do líquido, evidenciando o Teorema de Stevin. Por fim, foi solicitado que os alunos desenhassem o aparato em seus cadernos, em três situações distintas: duas onde o balão está na mesma altura, porém em pontos diferentes, e uma com uma altura diferente, e que

explicasse, então, os motivos da diferença de pressão ou não, em cada situação com suas próprias palavras.

O experimento foi montado conforme a fotografia 2:

Fotografia 2 – Manômetro em U e o Teorema de Stevin



Fonte: Registrada pelo autor.

3.1.4.5.3 Experimento 3: Bebedouro de passarinho

O autor desenvolveu um bebedouro para passarinho utilizando garrafa PET, conforme mostra a fotografia 3.

Fotografia 3 – Bebedouro de passarinho



Fonte: Registrada pelo autor.

Basicamente, o recipiente maior é a parte inferior de uma garrafa PET de um refrigerante cortada. A outra garrafa deve ter tampa e um diâmetro menor que a anteriormente mencionada. É feito um recorte na parte inferior da garrafa menor para preenchimento/ escoamento da água, conforme mostra a fotografia 4.

Fotografia 4 – Montagem do experimento do bebedouro de passarinho



Fonte: Registrada pelo autor.

Nesse experimento, deve-se preencher o recipiente maior até a metade de água, e a garrafa menor completamente. Então, deve-se emborcar rapidamente a garrafa menor, com a parte cortada virada para baixo, na água do recipiente maior. A água dentro da garrafa menor alcança uma coluna muito maior que na parte do bebedouro (externa), pois a água do bebedouro possui sobre si a pressão atmosférica, já dentro da garrafa não atua a pressão atmosférica pelo fato de estar fechada. Logo, a coluna dentro da garrafa tem de ser muito maior que fora, para equilibrar a pressão.

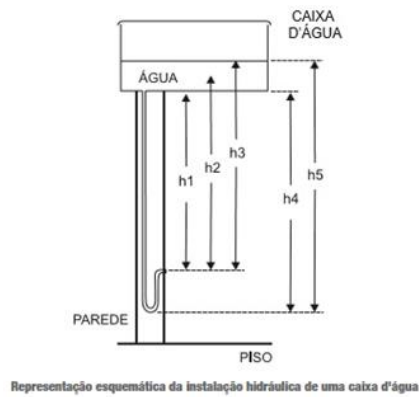
O professor demonstrou o experimento, e convidou os alunos a discutirem entre si e registrarem em seus cadernos os motivos da água não sair da garrafa menor, proporcionando uma construção social do conhecimento.

3.1.4.5.4 – Tarefa Extraclasse

Foi dada aos alunos uma lista impressa de exercícios para resolverem em casa.

1 – Um chuveiro tem em seu manual a especificação de pressão máxima suportada. A figura 21 mostra a instalação hidráulica e o cano onde ficará o chuveiro.

Figura 21 – Esquema hidráulico para um chuveiro



Fonte: Teixeira (2019)

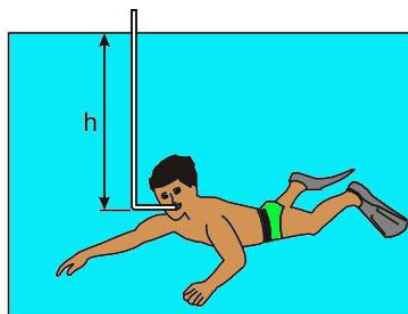
Quais das alternativas abaixo mostra a associação correta da pressão da água na ducha e a altura da coluna de água?

- a) h_1
- b) h_2
- c) h_3
- d) h_4
- e) h_5

Resposta Esperada: Alternativa C.

2 – (Unesp) A diferença de pressão máxima que o pulmão de um ser humano pode gerar por inspiração é em torno de $0,1 \times 10^5$ Pa ou 0,1 atm. Assim, mesmo com a ajuda de um snorkel (respiradouro), um mergulhador não pode ultrapassar uma profundidade máxima, já que a pressão sobre os pulmões aumenta à medida que ele mergulha mais fundo, impedindo-os de inflarem.

Figura 22 – Mergulhador sob pressão atmosférica e hidrostática



Fonte: Júnior (2019)

Considerando a massa específica da água $\mu \cong 1000 \frac{kg}{m^3}$ e a aceleração da gravidade $g \cong 10 \frac{m}{s^2}$, a profundidade máxima estimada, representada por h , que uma pessoa pode mergulhar respirando com a ajuda de um snorkel é igual a:

- a) $1,1 \times 10^2$ m
- b) $1,0 \times 10^2$ m
- c) $1,1 \times 10^1$ m
- d) $1,0 \times 10^1$ m
- e) $1,0 \times 10^0$ m

Resposta Esperada: Alternativa E.

Resolução:

$$p_{\text{máx}} = \mu \times g \times h_{\text{máx}}$$

$$0,1 \times 10^5 \text{ Pa} = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 10 \frac{m}{s^2} \times h_{\text{máx}}$$

$$h_{\text{máx}} = 1 \text{ metro.}$$

3 – Marque a alternativa correta.

A Lei de Stevin:

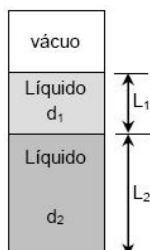
- a) Determina a pressão exercida somente por líquidos.
- b) Em caso de recipiente fechado, depende da massa específica do líquido, altura da coluna de líquido e aceleração da gravidade.
- c) Determina a pressão exercida por um fluido.
- d) Só serve para determinar a pressão exercida pela água.
- e) Todas as alternativas estão corretas.

Resposta Esperada: Alternativa B.

4 - (UFPE) Um tubo fechado contém dois líquidos não miscíveis de massas específicas d_1 e d_2 . Na parte superior é feito vácuo. Mantendo-se o tubo na vertical, verifica-se que as colunas dos líquidos têm comprimentos L_1 e L_2 , respectivamente,

como indicado na figura 23. Considerando a aceleração da gravidade local igual a g , determine o valor da pressão no fundo do recipiente.

Figura 23 – Tubo fechado com dois líquidos não miscíveis.



Fonte: Júnior (2019)

- a) $gd_1(L_1 + L_2)$
- b) $gd_2(L_1 + L_2)$
- c) $g(d_1 + d_2)(L_1 + L_2)$
- d) $g(d_1 - d_2)(L_1 + L_2)$
- e) $g(d_1L_1 + d_2L_2)$

Resposta Esperada: Alternativa E

3.1.4.6 Referências Bibliográficas

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**: São Paulo: Editora FTD, 1999.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – BEBEDOURO DE PASSARINHO**. 2016 (2 min 35 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=flwMKf1WLIM>. Acesso em 12 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – LEI DE STEVIN: PRESSÃO HIDROSTÁTICA**. 2016 (1 min 53 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OsMI1LJrmFs>. Acesso em 12 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – LEI DE STEVIN: VASOS COMUNICANTES**. 2016 (1 min 30 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=rKirlsdgCuE>. Acesso em 12 jan. 2019.

JÚNIOR, J. S. S. **Exercícios sobre lei de Stevin**. Disponível em: <https://exercicios.mundoeduca.cao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-lei-stevin.htm>. Acesso em 12 jan, 2019.

JÚNIOR, J. S. S. **Exercícios sobre pressão em líquidos**. Disponível em: <https://exercicios-fisica/exercicios-sobre-pressao-liquidos.htm>. Acesso em 12 jan, 2019.

PRIETO, Tomás. **Los Vasos Comunicantes**. Disponível em <https://www.amediar.info/los-vasos-comunicantes/>. Acesso em 19 jan. 2019.

TEIXEIRA, M. M. **HIDROSTÁTICA NO ENEM**. Disponível em: <https://vestibular.mundoeducacao.bol.uol.com.br/enem/hidrostatica-no-enem.htm>. Acesso em 12 jan. 2019.

3.1.5 Plano de Aula 5: Pascal, Prensas Hidráulicas, Empuxo

Como os alunos já tiveram aulas sobre vasos comunicantes e o Teorema de Stevin, foi possível trabalhar na sequência o princípio de Pascal e para finalizar o tema hidrostática, o empuxo.

3.1.5.1 Dados da Aula 5

Título: Pascal, Prensas Hidráulicas, Empuxo

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 10/04/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.5.2 Objetivos

▲ Apresentar o Princípio de Pascal, relacionando-o a prensas e elevadores hidráulicos

▲ Conceituar empuxo e apresentar suas aplicações cotidianas.

3.1.5.3 Metodologia

Aula expositiva dialogada, utilizando quadro, giz e livro didático, seguida por aula experimental demonstrativa. Foram utilizados como referências para a elaboração do plano de aula os livros de Carron e Guimarães (1999), Gaspar (2006) e vídeos dos canais “De tudo um pouco” e “Manual do Mundo”.

3.1.5.4 Desenvolvimento

3.1.5.4.1 Princípio de Pascal

O Princípio de Pascal estabelece que a alteração de pressão produzida em um fluido em equilíbrio transmite-se igualmente em todas as direções e pontos desse fluido, devido à sua fluidez. Ou seja, a variação de pressão sobre o fluido, é a mesma em todos os pontos.

Figura 24 – Princípio de Pascal: pontos distintos com a mesma alteração de pressão



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999)

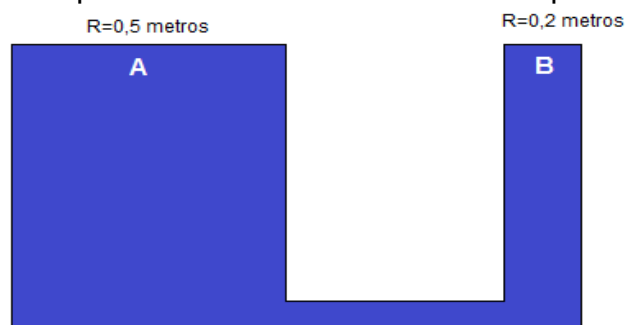
Caso o líquido sofra alteração de pressão por qualquer motivo (Δp), a variação de pressão nos pontos A e B da figura 24, por exemplo, são iguais a Δp também. Esse princípio é utilizado na construção de elevadores, guinchos, prensas, entre outros tipos de equipamentos.

3.1.5.4.2 Prensa Hidráulica

Após explanar sobre o princípio de Pascal, o autor pôde relacionar a questão da alteração da pressão, com a força e com a área.

Ele explicou aos alunos que, agora que sabem que a alteração de pressão em um fluido se dá em qualquer ponto igualmente, ou seja, se em um fluido alguém aumentar a pressão em 10 pascals, qualquer ponto nesse fluido terá essa mesma alteração. Ao analisar a figura 25, imaginando uma alteração de pressão de 10 pascals no fluido no vaso B, se tem a mesma alteração de pressão no ponto A.

Figura 25 – Esquema de funcionamento de uma prensa hidráulica



Fonte: Elaborada pelo autor.

Então, usando o conhecimento que os alunos já detinham das aulas anteriores, o autor pode utilizar a equação de pressão:

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

Tendo a medição da área e considerando uma variação de pressão de 10 pascals, se concluiu que a força no vaso A era muito maior que a força no vaso B. Ou seja, se aplicar determinada força no vaso B, isso irá formar uma alteração de pressão no fluido em todos os pontos. Essa alteração de pressão formará uma força então muito maior em A. Dessa mesma forma, funcionam vários equipamentos hidráulicos, onde uma força menor gera uma força muito maior, devido à relação entre diferentes áreas e o Princípio de Pascal. Daí, surge a seguinte relação:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

O mesmo princípio é utilizado em outros dispositivos, como o elevador hidráulico por exemplo.

3.1.5.4.3 Empuxo

Quando um corpo entra um líquido, deslocando parte desse líquido, surge uma força de reação que empurra esse corpo para a superfície. O nome deste fenômeno é empuxo. Pode-se comparar a quando alguém entra em uma piscina. Nessa situação, essa pessoa se sente mais leve. Isso é bem verdade, pois seu PESO APARENTE de fato é menor que o peso real. A força peso aponta para o fundo da piscina (centro da Terra), enquanto o empuxo é uma força que aponta no sentido contrário, logo, ela diminui a força peso, sendo que a força resultante é

denominada peso aparente. O empuxo, em alguns casos, pode até mesmo igualar ou ser maior que a força peso, fazendo o objeto flutuar na água.

O empuxo depende do peso do líquido deslocado. Como o peso nada mais é que a massa multiplicada pela aceleração da gravidade, e neste caso a massa nada mais é que a massa específica do líquido multiplicada pelo volume deslocado do líquido, tem-se:

$$E = \mu \times V \times g \text{ (N)}$$

Sendo:

μ = massa específica do líquido em $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

V = volume de líquido **deslocado** em m^3 .

g = aceleração da gravidade em $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

N = unidade de medida do empuxo no SI (newton).

É fundamental entender o conceito do volume de líquido deslocado. Ele é proporcional ao volume do corpo que está mergulhado no líquido. Ou seja, se um corpo de 2 m^3 de volume for mergulhado até sua metade em um líquido, o volume de água movimentado é de 1 m^3 , que é igual ao volume submerso do corpo. A relação dessas três grandezas configura o empuxo.

Como já dito, o empuxo é uma força contrária ao peso. Logo, se ela for igual ou maior ao peso do objeto, o objeto não afunda mais no líquido. Se ela for menor, ela apenas se subtrai da força peso, compondo o peso aparente do objeto, que sempre é menor que o peso real.

3.1.5.4.4 Exercícios em Aula

Foi entregue aos alunos uma lista de exercícios impressa, a ser respondida em aula, com o auxílio do professor.

1 – Qual é a força necessária para levantar um carro de 5 toneladas através de um guindaste hidráulico, sendo que a área onde é aplicada a força (1) é de $0,01 \text{ m}^2$, e a área onde o carro é levantado (2) possui 16 m^2 . Considere a aceleração da gravidade $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Resposta esperada: Força para levantar o carro = peso do carro = $m \times g$.
 $5000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 50000 \text{ N}$.

Alteração de Pressão em 2 = Alteração de Pressão em 1.

Como em (2) possuímos a força e a área, pode-se verificar a variação de pressão necessária para levantar o carro. Logo:

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$p_2 = \frac{50000 \text{ N}}{16 \text{ m}^2} = 3125 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Como as variações de pressão são iguais, em (1) tem-se:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

$$3125 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{F_1}{0,01 \text{ m}^2}$$

$$F_1 = 31,25 \text{ N}$$

Logo, são necessários 31,25 N para, através de um guincho hidráulico nessas condições, erguer um carro de 5 toneladas. Fazendo um comparativo, essa mesma força, fora deste guincho hidráulico, levantaria um objeto com cerca de 3 quilogramas em um local com a mesma aceleração da gravidade.

2 – Um barco de massa 40000 kg está sendo construído. A altura de seu casco é de 10 metros. O projetista pretende que ele afunde no máximo 10% de sua altura. Qual deve ser a área mínima da base desse casco, para que o barco não afunde. Considere $g = 10 \frac{m}{s^2}$, e μ (água do mar) = $1025 \frac{kg}{m^3}$.

Resposta Esperada: O empuxo mínimo deve igualar o peso do barco. O peso do barco, à uma $g = 10 \frac{m}{s^2}$ é de 400000 N. Como o empuxo dele igualar esse valor, tem-se a aceleração da gravidade, e tem-se a massa específica do líquido, fica fácil calcular o volume de água deslocado, que por sua vez, é o volume do barco que vai afundar. Tem-se:

$$E = \rho \times V \times g. \text{ Logo: } 400000 \text{ N} = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times V \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Tem-se então $V = 39,02 \text{ m}^3$.

Como o volume é formado pela área da base multiplicada pela altura, e tem-se que a altura que se pretende que afunde é 10% de 10 metros, ou seja, 1 metro, e também se tem o volume de água deslocado para gerar empuxo de 400000 N, fica fácil chegar à área da base:

$$\text{Volume} = \text{Área Base} \times \text{Altura}$$

$$39,02 \text{ m}^3 = \text{Área Base} \times 1 \text{ m. Logo } \text{Área da Base} = 39,02 \text{ m}^2$$

3.1.5.5 Experimentação – Laboratório Estruturado

O professor preparou três experimentos. Um deles foi um elevador hidráulico, e outro, uma prensa hidráulica, além da balança de empuxo. Foi construída uma unidade de cada experimento, sendo aplicados de forma demonstrativa para o grande grupo, mas ainda assim trazendo questionamentos importantes cujas conclusões os alunos registraram em seus cadernos.

3.1.5.5.1 – O Elevador Hidráulico

O elevador hidráulico consiste em dois êmbolos fixados em uma estrutura de madeira, e unidos por uma mangueira. Um dos êmbolos possui raio do cilindro maior que o outro, conforme fotografia 5:

Fotografia 5 – Elevador Hidráulico



Fonte: Registrada pelo autor.

O professor fixou corpos de mesma massa em ambos os lados do elevador. O senso comum diz que, tendo massas iguais, e estando sob o mesmo campo gravitacional, nenhum objeto “empurra” o outro no elevador hidráulico. Porém, foi observado que o corpo sobre o êmbolo menor acaba empurrando (e levantando) o corpo sobre o êmbolo maior. Foi solicitado, por fim, que alguns alunos voluntários testassem o equipamento.

Após os testes, o professor lançou um questionamento ao qual os alunos deveriam responder em seus cadernos: por que, mesmo tendo mesma massa, o corpo sobre o êmbolo menor empurra o corpo sobre o êmbolo maior?

3.1.5.5.2 – O Pac-Man Hidráulico

Semelhante ao jogo de vídeo game dos anos 80, o Pac-Man hidráulico é um jogo feito utilizando o Princípio de Pascal. O professor levou a estrutura já montada, onde 4 êmbolos frontais movimentam outros 4, que por sua vez, movimentam o tabuleiro, fazendo com que este movimento faça esferas se deslocarem em um labirinto.

Além de despertar o interesse do aluno, o professor pôde demonstrar o Princípio de Pascal, no qual uma alteração de pressão em um êmbolo, gera essa mesma alteração de pressão em qualquer ponto, fazendo o êmbolo ligado ao tabuleiro se movimentar. O experimento consta na fotografia 6. Os alunos foram convidados a interagir com o jogo, pressionando os êmbolos frontais e podendo observar o efeito da pressão se propagando em todos os pontos do líquido, movimentando os êmbolos que sustentam o tabuleiro.

Fotografia 6 – Pac-Man Hidráulico



Fonte: Registrada pelo autor.

3.1.5.5.3 – A Balança de Empuxo

Foi montado um aparato que consiste em uma balança sob forma de alavancas, na qual foram pendurados, em cada lado, a uma mesma distância do eixo central, um pacote de mesma massa de pregos, conforme mostra a fotografia 7. Um dos pacotes fixados na balança é então mergulhado no jarro com água. Ao ser mergulhado, a balança acabou pendendo para o lado do pacote fora da água, mesmo que ambos os lados tenham a mesma massa de pregos. O mesmo processo foi repetido com o outro pacote.

O professor retirou alguns pregos de um dos sacos. Então, pendurou-o na balança, que prontamente pendeu para o lado oposto, pois continha mais massa daquele lado. No entanto, ao ser colocado na água, a balança novamente se equilibrou, mesmo tendo menos massa em um dos lados.

Ao final do experimento, ficou evidente que o peso aparente do saco de pregos que afundou na água, ficou menor que o do saco de pregos fora da água, comprovando assim a ação do empuxo.

Fotografia 7 – A balança de empuxo



Fonte: Registrada pelo autor.

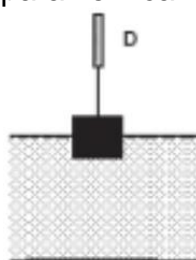
3.1.5.6 Tarefa extraclasse:

Foi dada aos alunos uma lista impressa com alguns exercícios englobando os assuntos tratados em aula.

1 – Enem 2011 Questão 73

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrados: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.

Figura 26 – Experimento para verificar massa específica da água



Fonte: Globo (2011)

Considerando que a aceleração da gravidade local é de $10 \frac{m}{s^2}$, a massa específica da água do lago, em $\frac{g}{cm^3}$, é:

- A) 0,6
- B) 1,2
- C) 1,9
- D) 2,4
- E) 4,8

Resposta Esperada: Alternativa B.

Resolução:

Peso aparente = peso – empuxo.

24 N = 30 N – Empuxo. Logo, empuxo = 6 N.

Volume do Cubo = lado³ = 0,1³ = 0,001 m³

Como somente metade do cubo está mergulhado, considera-se essa metade para o cálculo do empuxo: Volume mergulhado: 0,0005 m³

$$E = \mu \times V \times g$$

$$6N = \mu \times 0,0005 \text{ m}^3 \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\mu = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \text{ ou } 1200000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}, \text{ ou } 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

2 – Enem 2013, questão 61:

Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldades de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimenta a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, deseja-se elevar uma pessoa de 65 kg em uma cadeira de rodas de 15 kg sobre a plataforma de 20 kg.

Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

- A) 20 N
- B) 100 N
- C) 200 N
- D) 1000 N
- E) 5000 N

Resposta Esperada: Alternativa C.

Resolução:

Primeiro, deve-se elevar a pessoa em velocidade constante, ou seja, sem aceleração. Logo, trata-se de uma condição de força mínima, onde esta deve ser levemente superior ao próprio peso, aqui considerada equivalente à força do elevador, e:

F_1 e S_1 = dados do motor.

F_2 e S_2 = dados do elevador.

Pelo Princípio de Pascal temos:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

F_2 = peso total = massa total x aceleração da gravidade.

massa total = 65 kg + 15 kg + 20 kg = 100 kg

$$F_2 = 100 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1000 \text{ N}$$

O exercício não informa as áreas, mas informa que a área onde a força é exercida no elevador, é 5 vezes maior que a do motor, logo, utilizou-se A e 5A.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{F_1}{A} = \frac{1000 \text{ N}}{5A}$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

3.1.5.7 Referências Bibliográficas

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**: São Paulo: Editora FTD, 1999.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

DE TUDO UM POUCO. **COMO FAZER UMA PRENSA HIDRÁULICA CASEIRA**. 2018 (4 min 10 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=if5unr4XqZo>. Acesso em 13 Jan. 2019.

GASPAR, Alberto. **Física Brasil Volume Único**. São Paulo: Editora Ática, 2006.

GLOBO. **EDUCAÇÃO**. Disponível em: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2011/questoes/73.html>. Acesso em 13 jan. 2019.

MANUAL DO MUNDO. **FAÇA EM CASA UM PAC-MAN HIDRÁULICO!** 2018 (10 min 35 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KQyPh8bLy9s>. Acesso em 13 Jan. 2019.

3.1.6 Plano de Aula 6: Aplicação de Questionário

Nessa aula, o autor aplicou novamente o mesmo questionário da aula 1. Na aula 1, o tempo dos dois períodos foi dividido em outras atividades, pois grande parte das questões do questionário os alunos ainda não tinham condições de responder, e por isso sua aplicação foi mais breve. Nessa aula, o professor usou os dois períodos para desenvolver a atividade. Com esses resultados, ele pôde montar o novo mapa conceitual da turma, baseado nas respostas dos alunos, e assim verificar a evolução do conhecimento de maneira subjetiva, comparando então os mapas conceituais antes e depois do desenvolvimento da unidade de ensino.

3.1.6.1 Dados da Aula 6

Título: Segunda aplicação do questionário

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 17/04/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.6.2 Objetivo

▲ Por meio das respostas ao questionário, criar um novo mapa conceitual da turma, a fim de verificar a aprendizagem sobre os conceitos de hidrostática desenvolvidos e seus respectivos subsunçores.

3.1.6.3 Metodologia

Aula avaliativa, através da aplicação de questionário contendo 16 questões divididas entre toda a unidade de ensino, individual e sem consulta. Para as questões, bem como no primeiro questionário, foram utilizadas as obras de Carron

(1999), Bonjorno (1999), e as páginas virtuais com exercícios de Bocafoli, e a página de Silva.

3.1.6.4 Desenvolvimento

O autor orientou os alunos, no início da aula, para separarem as classes de maneira individual. Alertou que a atividade tinha caráter avaliativo subjetivo, com características diferenciadas em relação a uma prova convencional, mas igualmente importante para verificar a compreensão dos assuntos trabalhados em aula. Esse segundo momento de resposta ao questionário valeu um bônus de 0,6 pontos na prova (que vale 3), portanto, cada questão valeu 0,375 pontos. Após a separação e organização do ambiente, os alunos tiveram até o final do segundo período para a realização do questionário. Os alunos que concluíram o questionário antes do final da aula puderam tirar dúvidas sobre exercícios referentes às aulas anteriores.

3.1.6.5 Referências Bibliográficas

BOCAFOLI, Francisco. **Exercícios de vestibulares com resoluções comentadas sobre densidade e pressão**. Disponível em <http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao>. Acesso em: 12 jan. 2019.

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**. São Paulo: Editora FTD, 1999.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

SILVA, D. C. M. **Prensa hidráulica**. Disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm>. Acesso em: 12 jan. 2019.

3.1.7 Plano de Aula 7: Prova Avaliativa

Nesta aula, o autor aplicou uma prova avaliativa, tendo sido o resultado utilizado como base para a comparação quantitativa entre as metodologias de ensino.

3.1.7.1 Dados da Aula 7

Título: Prova Avaliativa

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 203

Data da Aula: 24/04/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.1.7.2 Objetivo

▲ Aplicar a prova, e levantar dados para comparação das duas metodologias de ensino (laboratório estruturado e programado), em relação à aprendizagem dos alunos.

3.1.7.3 Metodologia

Aula avaliativa, através de prova, individual e sem consulta, contendo oito questões divididas entre toda a unidade de ensino.

3.1.7.4 Desenvolvimento

O autor orientou os alunos no início da aula para separarem as classes de maneira individual. Após a separação e organização do ambiente, os alunos tiveram até o final do segundo período para a realização da prova avaliativa. Junto à prova, foi anexado aos alunos um formulário contendo equações dadas em aula sobre os temas abordados na prova.

3.1.7.4.1 Questões da Prova

O valor da prova é de 3 pontos uniformemente distribuídos, o que equivale, portanto, a 0,375 pontos cada questão.

1 – Adaptado do Enem de 2011, questão 78

Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura 27. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.

Figura 27 – Esquema de válvula de descarga econômica



Fonte: Globo (2011)

Ao liberar a água do tanque para o vaso, os dejetos vão até o sifão e descem para o esgoto pois:

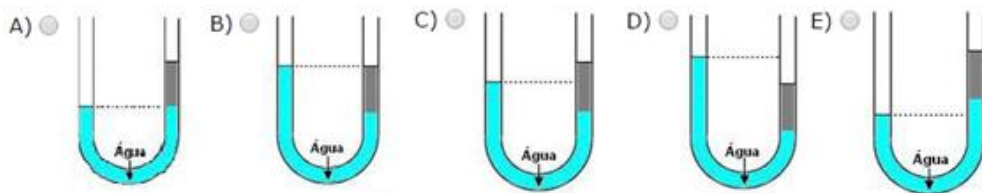
- A) A pressão atmosférica no vaso se torna a mesma do tanque.
- B) O peso total da água fica maior no vaso.
- C) A pressão absoluta se torna momentaneamente maior no vaso pois há maior coluna de água neste, em comparação ao sifão, desta forma escoam água para o sifão buscando o equilíbrio.
- D) Ao diâmetro do distribuidor de água.

E) Pois o sistema de esgoto está em uma altura menor.

Resposta Esperada: Alternativa C.

2 – Um tubo em forma de U possui abertura em ambas as extremidades. Ele contém água, e no ramo direito, adiciona-se um líquido de maior massa específica, que não se mistura com a água. Assinale a alternativa abaixo que configura a composição dos líquidos após o equilíbrio.

Figura 28 – Tubo com líquidos de massas específicas distintas



Fonte: Estuda.com (2019)

Resposta Esperada: Alternativa D.

3 – Um fluido de massa específica $1,1 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$ ocupa um recipiente até a altura de 50 cm.

a) Qual é a pressão exercida exclusivamente por este fluido no fundo do recipiente, considerando a aceleração de gravidade $9,8 \frac{m}{s^2}$?

Resposta Esperada: $p = \mu \times g \times h$. Logo:

$$p = 1,1 \times 10^3 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 0,5 m = 5,39 \times 10^3 Pa$$

b) Qual é a pressão absoluta exercida no fundo do recipiente, considerando a aceleração de gravidade $9,8 \frac{m}{s^2}$?

Resposta Esperada:

$$P_{absoluta} = P_{hidrostática} + P_{atmosférica}$$

$$P_{hidrostática} = 5,39 \times 10^3 Pa$$

$$P_{atmosférica} = 1 \times 10^5 Pa$$

$$P_{\text{absoluta}} = 5,39 \times 10^3 \text{ Pa} + 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{absoluta}} = 105,39 \times 10^3 \text{ Pa}$$

4 – Um equipamento hidráulico terá que mergulhar um tanque de oxigênio que deve ficar em uma instalação subaquática. O equipamento funciona com dois êmbolos, respectivamente 1 e 2, um onde é aplicada a força (possui raio de 1 metro), e outro que mergulha o tanque (possui raio de 5 metros). Sabendo que o tanque possui massa de 500 quilogramas, um volume de 60 m^3 , considerando a aceleração da gravidade $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ e a massa específica da água $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, determine a força mínima aplicada no êmbolo para que o equipamento consiga mergulhar o objeto.

Resposta Esperada: Primeiramente é necessário que se descubra o empuxo gerado sobre esse tanque. A força do equipamento se dará para o centro da Terra, bem como o peso do tanque. Já o empuxo atua em sentido à superfície. Logo, para saber a força que o equipamento terá que fazer, é necessário realizar a operação empuxo – força. Se o valor for positivo (empuxo maior que peso), essa será a força do êmbolo 2. Caso for negativo, o próprio peso é suficiente para mergulhar o objeto, não sendo necessária força alguma.

$$E = \mu \times V \times g. \text{ Logo } E = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 60 \text{ m}^3 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}. \quad E = 588000 \text{ N.}$$

$$\text{Peso Tanque} = m \times g. \quad \text{Peso tanque} = 500 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4900 \text{ N.}$$

Logo, vê-se que o peso é muito menor que o empuxo, então será necessário o uso do equipamento. A força que ele deve aplicar é igual ao empuxo menos o peso, que resulta em 583100 N .

No entanto, é necessário determinar qual o módulo da força aplicada no êmbolo 1, de menor raio, para movimentar o êmbolo 2 com a força acima determinada. Utilizando o princípio de Pascal, tem-se:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_1 = \text{incógnita}$$

$$F_2 = 583100 \text{ N}$$

$$S_1 = \pi r^2 = 3,14 \times 1^2 = 3,14 \text{ m}^2$$

$$S_2 = \pi r^2 = 3,14 \times 5^2 = 78,50 \text{ m}^2$$

$$\frac{F_1}{13,14 \text{ m}^2} = \frac{583100 \text{ N}}{78,50 \text{ m}^2}$$

$$F_1 = 97604,25 \text{ N}$$

5 - Quando viajamos, e o local de destino possui uma altitude diferente em relação ao local de saída, é comum um pequeno desconforto nos tímpanos. Explique este efeito através dos conhecimentos adquiridos sobre hidrostática.

Resposta Esperada: O tímpano possui a pressão interna ajustada com a externa. Então quando mudamos de altitude, a pressão externa fica diferente, devido à coluna de fluidos ser diferente, ocasionando o incômodo pela diferença de pressão externa e interna.

6 – Em um experimento, um homem construiu uma caixa de 10 metros de profundidade com água. Um mergulhador, com equipamentos de mergulho, vai até o fundo dessa caixa. O experimento possui um dispositivo, onde repentinamente cancela qualquer efeito da pressão atmosférica sobre esse líquido. O que ocorre e quais os riscos ao mergulhador no fundo desta caixa.

Resposta Esperada: O mergulhador, no momento que a pressão atmosférica cessa, fica sujeito a uma pressão 1 ATM menor. Caso ele esteja com o pulmão cheio de ar, devido a uma pressão repentinamente menor, o ar em seus pulmões irá

expandir, e se não houver espaço suficiente no pulmão para esta expansão, pode provocar sérios danos ao sistema respiratório do mergulhador.

7 – Complete com MAIOR, IGUAL, MENOR

Em vasos comunicantes, todos sob pressão atmosférica e com um mesmo líquido, o nível do líquido em cada ramo fica _____ pois a pressão dentro deles é sempre _____. Se porventura em um dos ramos fosse posto um líquido com menor massa específica e imiscível, a coluna de líquido nesse ramo seria _____.

Resposta Esperada: IGUAL; IGUAL; MAIOR.

8 – Um objeto maciço de determinado material cai em um líquido não identificado. Ele afunda até ficar inteiramente submerso, e imediatamente para de afundar. Posteriormente, esse mesmo corpo também cai, mas agora na água. Ele afunda até a metade, e desta forma fica flutuando na água.

Marque V ou F nas seguintes afirmações:

() É possível saber que o corpo tem maior massa específica que o líquido não identificado, por isso fica inteiramente submerso.

() É possível saber que o corpo tem menor massa específica que a água, e por isso flutua com apenas metade do seu corpo submerso.

() É possível saber que o empuxo iguala o peso do objeto no líquido não identificado.

() O empuxo da água sobre o objeto é maior que o do outro líquido.

() O outro líquido é tem menor massa específica que a água.

Resposta Esperada: F; V; V; F; V

3.1.7.5 Referências Bibliográficas

ESTUDA.COM. **Questões de Física – Mecânica: Hidrostática.** Disponível em <https://enem.estuda.com/questoes/?cat=10&subcat=2586>. Acesso em 13 jan. 2019.

GLOBO. **EDUCAÇÃO.** Disponível em: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2011/questoes/73.html>. Acesso em 13 jan. 2019.

3.2 SEQUÊNCIA DE PLANOS PARA O LABORATÓRIO PROGRAMADO

O laboratório programado refere-se a aulas que possuem caráter investigativo, utilizando como objeto de investigação experimentos, em que o conhecimento se estrutura através de debates e discussões dirigidas. Devido a este processo, as aulas do laboratório programado se diferenciam bastante das de laboratório estruturado, bem como a metodologia de aplicação dos experimentos.

3.2.1 Plano de Aula 1: Investigação dos Subsunoçores

O plano de aula 1 do laboratório programado, teve exatamente a mesma proposta e estrutura em relação ao laboratório estruturado já apresentada, visando conhecer a turma e apresentar o questionário para investigação dos subsunoçores.

3.2.2 Plano de Aula 2: Reforço de Conceitos

O plano de aula 2 do laboratório programado, teve exatamente a mesma proposta e estrutura em relação ao laboratório estruturado já apresentada, com o propósito de retrabalhar subsunoçores ausentes, identificados no mapa conceitual dos alunos, criado pelo professor, com base na resposta do questionário.

3.2.3 Plano de Aula 3: Introdução à Hidrostática

Após ter retrabalhado durante uma aula com os conceitos deficitários, o professor iniciou o tema hidrostática.

3.2.3.1 Dados da Aula 3

Título: Hidrostática e a pressão

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 201

Data da Aula: 20/03/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.2.3.2 Objetivos

- ▲ Conceituar hidrostática.
- ▲ Definir e diferenciar pressão, pressão hidrostática, pressão atmosférica.

3.2.3.3 Metodologia

Aula investigativa, tendo como ponto de partida experimentos em aula, e expositiva – dialogada, utilizando quadro e giz, e o simulador virtual Phet. Também foi utilizado o livro de Gaspar (2006) como referência para a construção do planejamento.

3.2.3.4 Desenvolvimento

3.2.3.4.1 *O que é a Hidrostática*

Esta parte mais conceitual foi apresentada oralmente, com pequenos tópicos no quadro os quais os alunos copiaram no caderno. Inicialmente, o professor pediu aos alunos alguns exemplos de fluidos, para averiguar o conceito prévio dos mesmos sobre este conceito. Após breve discussão, a aula seguiu para uma definição científica sobre o assunto. Segue o apresentado:

A hidrostática é o estudo dos fluidos em repouso, e o comportamento dos mesmos ao sofrerem ação de forças, ou as forças por eles exercidas. Mas, apesar do nome da unidade de ensino iniciar com o prefixo “hidro”, o que remete sempre à água ou líquidos, os fluidos não se limitam a eles. Os fluidos podem ser líquidos, gases e plasmas. Basicamente, o fluido, apesar de conter forças intermoleculares que deixem suas moléculas unidas, possui liberdade de forma, ou seja, não possui uma forma definida. Um comportamento muito comum do fluido, é ter o formato do recipiente que o acomoda.

3.2.3.4.2 Conceitos sobre pressão

O autor iniciou esta parte da aula utilizando um simples experimento. Os alunos foram divididos em grupos de 3 integrantes. Cada grupo recebeu um pedaço de isopor, e os materiais a seguir: uma moeda, um prego e uma caneta.

Ao longo do trabalho, todos os alunos fizeram um rodízio de materiais, de modo que todos conseguissem trabalhar com todos os itens.

Foi solicitado que respondessem ao seguinte roteiro, que foi entregue a cada grupo, já impresso:

ROTEIRO

1 – Utilize uma moeda em pé, segurando-a pelas faces, e pressione o isopor, começando com um MÍNIMO de força. Aumente lentamente a força até perfurar o isopor. Anote, em uma folha, se necessitou de muita ou pouca força para perfurar o isopor.

2 – Utilize a mesma moeda, porém com uma face em contato com o isopor. Tente realizar a mesma força que utilizou com a moeda na posição anterior. Foi possível perfurar o isopor com essa força? Caso não, aumente a força até que seja possível.

3 – Repita o procedimento 1 e 2 com o prego (primeiro com a ponta e depois com a cabeça do prego) e com a caneta (ponta e traseira da caneta).

4 – Discutam os resultados encontrados com a moeda, a caneta e o prego, e anotem na folha.

Após o final da experimentação, o professor debateu com os alunos as suas descobertas, formando o conceito de pressão através do debate. Foi necessário utilizar perguntas orientadoras, como:

- Quanto menor a área de contato, mais fácil penetrava? Mas como, se a força era a mesma?
- A força fica ou não concentrada apenas na área de contato?
- Como podemos escrever que a área de contato era inversamente proporcional à força utilizada?
- O que significa o resultado desta fração obtida?

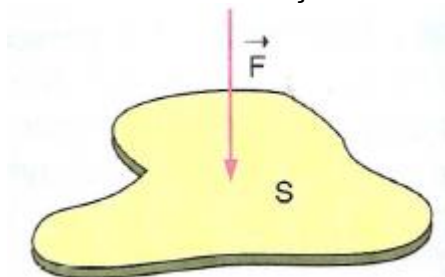
Com essas perguntas postas, o professor pôde ir criando o conceito de pressão, onde chegou-se à seguinte conclusão:

$$p = \frac{F \text{ [N]}}{A \text{ [m}^2\text{]}} \text{ [Pa]}$$

Sendo p a pressão, F a força, em newtons, e A a área de contato, em metros quadrados. A unidade de medida de pressão é o pascal (Pa).

O autor mostrou no quadro a figura 16, evidenciando a área de contato e o vetor força.

Figura 16 – Pressão: Força em uma área



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999, p. 245)

Na figura 16, \vec{F} representa a força que exerce a pressão no ponto do plano de área S . A força que cria a pressão, sempre deve estar em um ângulo de 90 graus em relação ao plano onde foi aplicada (perpendicular).

Analisando a unidade de medida, evidenciou-se:

$$p = \frac{\mathbf{N \text{ [da força]}}}{\mathbf{m^2 \text{ [da área]}}} = \mathbf{pascal \text{ [Pa]}}$$

3.2.3.4.3 Pressão Hidrostática

O autor iniciou essa parte da aula com um experimento demonstrativo. Com um aparato que consiste de um cano em forma de U, com um líquido colorido dentro do mesmo, e este mesmo cano ligado a outro com um balão contendo um pouco de ar, foi possível verificar que, conforme o balão afundava em um recipiente com água, o fluido no cano com U se movia na direção oposta. O experimento segue como na fotografia 2:

Fotografia 2 – Manômetro em U e o teorema de Stevin



Fonte: Registrada pelo autor.

O autor solicitou que os alunos anotassem o que viam. Então, pôde iniciar um debate, verificando as observações e discussões dos alunos sobre o tema. O autor deixou preparadas algumas perguntas-chave para direcionar a discussão caso necessário:

- Por que, quando o balão afunda, o líquido é empurrado?
- Por que, quando o balão se movimenta horizontalmente no recipiente, nada acontece?
- Então apenas a profundidade influencia no empurrão?
- Que tipo de força é essa que empurra a água no cano?

Os alunos também foram convidados, caso desejassem, a manusear o experimento.

Chegou-se à conclusão, com os debates e perguntas norteadoras, que a profundidade, ou seja, a altura de coluna de água acima do balão alterava a pressão que esse balão recebeu.

Posteriormente, o autor aplicou um pequeno roteiro a ser executado por um dos alunos e que informava os resultados aos demais.

ROTEIRO

1 – Afunde o balão até o fundo do recipiente, que está cheio da água, meça a altura do fluido no final do cano, utilizando uma régua. Informe à turma.

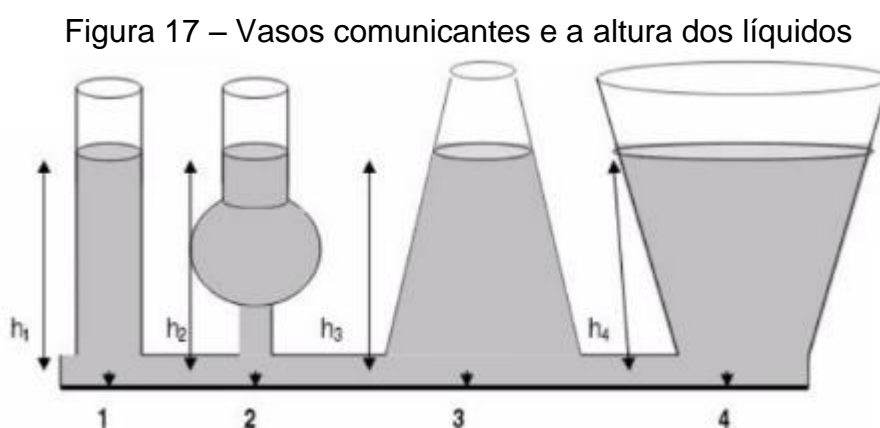
2 – Agora, faça a mesma medição, porém, com óleo no recipiente. Informe à turma.

Ao verificar a pequena diferença, o autor informou que a massa específica do óleo é menor que a da água. Ou seja, a massa específica também tem papel fundamental na obtenção da pressão exercida pela coluna de fluido no balão.

O autor comentou com os alunos que há mais uma grandeza importante nessa relação, que é a aceleração da gravidade. Logo, foi possível obter a relação:

$$\mathbf{p = \mu \cdot g \cdot h}$$

Foi possível concluir, portanto, que a pressão exercida por um fluido depende da altura da coluna desse fluido que está acima do ponto analisado (h , em metros), da massa específica desse fluido (μ , em $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), e da aceleração da gravidade no local (g , em $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$), e é chamada **PRESSÃO HIDROSTÁTICA**. Frisou-se também que a altura a ser levada em consideração, é a altura da coluna **ACIMA** do ponto onde se deseja calcular a pressão. Foi interessante perceber também que a área do recipiente não faz diferença alguma, somente a altura, pois o balão se moveu horizontalmente sem mudar em nada a pressão. O autor refletiu com os alunos, baseado nas análises acima efetuadas, que dois recipientes de diferentes raios e formatos, contendo o mesmo líquido numa mesma altura, possuem pressões idênticas nos seus pontos mais baixos, conforme figura 17:



Fonte: Prieto (2016)

O autor lembrou aos alunos que o aparato do cano em forma de U, é muito semelhante ao funcionamento do manômetro em U, que é um equipamento utilizado para medir a pressão hidrostática.

Por fim, o autor trouxe à tona novamente a problemática da caixa de água sempre ser instalada em um ponto mais alto em relação à casa que ela abastece. Devido à diferença de altura entre a caixa e o ponto para onde a água deve fluir, a

pressão hidrostática faz com que a água de fato vá da caixa para os pontos mais baixos, de menor pressão. As caixas das casas, por sua vez, são abastecidas por caixas de água maiores, normalmente fixas nos locais mais altos da cidade, ou por bombas hidráulicas instaladas em depósitos de água, que levam a água até pontos mais altos.

3.2.3.4.4 Pressão Atmosférica

O autor desenvolveu um bebedouro para passarinho utilizando garrafa PET, conforme mostra a fotografia 3.

Fotografia 3 – Bebedouro de passarinho



Fonte: Registrado pelo autor.

Basicamente, o recipiente maior é a parte inferior de uma garrafa PET de um refrigerante cortada. A outra garrafa deve ter tampa e um diâmetro menor que a anteriormente mencionada. É feito um recorte na parte inferior da garrafa menor para preenchimento/ escoamento da água, conforme fotografia 4.

Fotografia 4 – Montagem do experimento do bebedouro de passarinho



Fonte: Registrada pelo autor.

O autor separou os alunos em 4 grupos, cada um com um roteiro impresso e um aparato por grupo. Foi solicitado que seguissem o seguinte roteiro:

ROTEIRO

- 1 – Feche a tampa da garrafa, e não a abra em momento algum!
- 2 – Posicione a garrafa fechada com a abertura para cima.
- 3 – Preencha-a com água, ainda virada.
- 4 – Preencha o recipiente maior com água até a metade.
- 5 – Rapidamente, emborque a garrafa para que fique de pé, colocando-a dentro da água do recipiente maior com a abertura virada para baixo.
- 6 – Escreva em seu caderno que ocorreu com a água dentro da garrafa. Justifique:

Após os alunos realizarem o experimento e terem um breve debate dentro de cada grupo, o autor fez as seguintes perguntas norteadoras:

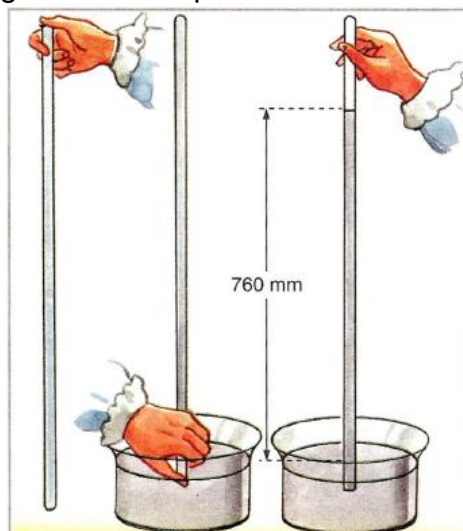
- Por qual motivo dentro da garrafa há uma coluna maior de água do que fora dela?
- Conforme foi visto, a coluna de água está diretamente relacionada à pressão. Há alguma “outra coisa” que exerça pressão do lado de fora, que iguale as duas pressões e deixe a água nessa configuração?
- O que ocorreria se porventura alguém abrisse a tampa da garrafa?

Neste momento, autor utilizou um experimento, colocou-o todo dentro de um recipiente maior e abriu a tampa da garrafa para observar o que acontece. Foi discutido o fato de que, quando a garrafa foi aberta, a pressão atmosférica atuou tanto dentro como fora da garrafa, portanto, a coluna de água dentro da garrafa aplicou uma pressão maior, fazendo a água escorrer para fora do bebedouro.

O autor pôde, então, apresentar o conceito de pressão atmosférica, baseado nas discussões e observações em aula. Em torno da Terra há uma camada de gases denominada atmosfera, composta principalmente por nitrogênio e oxigênio. Como esses gases possuem massa, e por consequência, peso, eles exercem uma pressão sobre a superfície, que também é proporcional à coluna destes gases que existe sobre a superfície terrestre. O autor julgou necessário recorrer ao contexto histórico e voltar ao ano de 1643. Um cientista chamado Torricelli encheu um tubo de 1 metro com mercúrio, estando ao nível do mar. O tubo ficou com a abertura para

baixo, e foi posto em um vasilhame maior que também continha mercúrio. O autor desenhou no quadro uma situação semelhante à figura 7:

Figura 7 – O experimento de Torricelli



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999, p. 250)

Relacionando com o experimento recém feito, porém com água, o autor relatou aos alunos que a pressão dentro e fora do tubo tendeu à igualdade, portanto, como o tubo era fechado por cima, ele continha apenas a pressão do mercúrio. Já do lado de fora, continha a pressão apenas da atmosfera sobre o mercúrio. Logo, pôde concluir que a pressão de uma coluna de 760 mm de mercúrio era igual à pressão da atmosfera. Já calculando em pascals, a pressão atmosférica ao nível do mar é aproximadamente $1.10^5 \frac{N}{m^2}$.

3.2.3.5 Simulador virtual Phet para pressão hidrostática

O autor, para tornar a aula mais atrativa e despertar o interesse do aluno sobre o tema, utilizou o simulador Phet, encontrado em https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html, que simula um recipiente e um medidor de pressão (manômetro). No simulador, pode-se alterar as seguintes variáveis: altura do líquido, massa específica do líquido, considerar ou não a influência da atmosfera, e a aceleração da gravidade. Todas essas variáveis alteram a pressão medida pelo manômetro.

Como havia apenas um computador disponível em sala de aula, os alunos foram reunidos e, utilizando o projetor, foi perguntado ao grande grupo quais variáveis eles queriam mudar. Dessa forma, os alunos foram escolhendo as mudanças e verificando as alterações na medição da pressão que essas mudanças causavam. Em alguns momentos, o professor pediu que definissem algumas variáveis, deixando uma como incógnita. Os alunos então calcularam em seus cadernos essa incógnita, e confrontaram os resultados com o que o programa apresentava.

3.2.3.6 Exercícios

O autor aplicou alguns exercícios de fixação em aula com os alunos. Os exercícios foram impressos e entregues a eles, pois caso não desse tempo de resolver em aula, poderiam resolver como tarefa extraclasse. Foram eles:

1 - A massa específica da prata é $10,5 \frac{g}{cm^3}$. O que isso significa?

Resposta Esperada: significa que em um volume de um centímetro cúbico, existem 10,5 gramas de prata.

2 - Uma substância tem massa de 600 g e volume de 45 cm^3 . Determine sua massa específica, em $\frac{g}{cm^3}$ e $\frac{kg}{m^3}$.

Resposta Esperada:

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

$$\frac{600 \text{ g}}{45 \text{ cm}^3} = 13,33 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\frac{1000 \text{ g}}{600 \text{ g}} = \frac{1 \text{ kg}}{x \text{ kg}} \cdot X = 0,6 \text{ kg}$$

$$\frac{1000000 \text{ cm}^3}{45 \text{ cm}^3} = \frac{1 \text{ m}^3}{x \text{ m}^3} \cdot X = 0,000045 \text{ m}^3$$

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

$$\frac{0,6}{0,000045} = 13333,33 \frac{kg}{m^3}$$

3 - Misturam-se os líquidos A e B. O líquido A tem 120 cm³ e uma massa específica de 19 $\frac{g}{cm^3}$. O líquido B tem 50 cm³ e uma massa específica de 38 $\frac{g}{cm^3}$. Qual a massa específica da mistura?

Resposta Esperada:

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

Massa total líquido A: 120.19= 2280g

Massa total líquido B: 50.38= 1900g

Volume total: 120+50= 170 cm³

Massa total: 4180g

Massa específica da mistura: $\frac{4180 g}{170 cm^3} = 24,59 \frac{g}{cm^3}$

4 - Uma faca está “cega”. Por que, ao afiar a mesma, ela corta melhor?

Resposta Esperada: Quanto mais “cego” está o fio da faca, significa que ele está com uma superfície de contato em relação ao que vai ser cortado maior. Ao afiar a faca, seu fio fica mais fino, diminuindo a superfície de contato, gerando mais pressão em uma única linha, cortando, assim, com mais facilidade.

5 - Uma pessoa que pesa 700 N usa sapatos de área 0,05 m². Porém, a região de neve onde ela está suporta uma pressão máxima de 10000 $\frac{N}{m^2}$

a) Ela afunda ou não usando somente os sapatos?

b) Caso afunde, qual a área dos esquis que ela teria de usar para não afundar?

Resposta esperada:

a) Pressão original da pessoa sobre a neve: $p = \frac{F}{A}$. Logo $p = \frac{700 \text{ N}}{0,05 \text{ m}^2} = 14000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. A pressão original é maior que a pressão que a neve suporta, logo, a pessoa deverá afundar.

b) Área Ideal: $p = \frac{F}{A}$. Logo $10000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{700 \text{ N}}{A}$. Logo se tem $A = 0,07 \text{ m}^2$.

6 - Determine, em $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, a pressão exercida por um prédio de 600 toneladas, com área base de 300 m^2 . Considere $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Resposta Esperada: $p = \frac{6000000}{300} = 20000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

7 - Por que o volume de um balão aumenta quando ele sobe, sendo que a uma altitude muito grande ele pode até arrebentar?

Resposta Esperada: Pois a pressão dentro do balão se torna maior que a pressão externa, visto que conforme o balão sobe, a pressão atmosférica diminui. Logo, o gás dentro do balão consegue expandir.

8 - Por que o suco sobe por um canudinho ao “sugar”?

Resposta Esperada: Ao sugarmos pelo canudo, tornamos a pressão dentro do canudo menor que a pressão sobre o líquido. Logo, o suco escoar para a região de menos pressão, empurrado pela pressão atmosférica.

9 - Um jarro de raio 10 cm e altura 20 cm possui água em seu interior, até sua borda superior. Qual é a pressão no fundo do jarro? Considere $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ e $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Resposta Esperada:

$p = \mu \cdot g \cdot h$, logo:

$p = 997 \cdot 10 \cdot 0,2 = 1994 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

3.2.3.7 Tarefa extraclasse

Discuta os novos conceitos de pressão hidrostática com as mesmas pessoas da sua casa com as quais fez a discussão da aula 2, e veja se eles conheciam as respostas sobre caixas de água anteriormente feitas. Caso não, explique a eles.

3.2.3.8 Referências Bibliográficas

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**. São Paulo: Editora FTD, 1999.

GASPAR, Alberto. **Física Brasil Volume Único**. São Paulo: Editora Ática, 2006.

PRIETO, Tomás. **Los Vasos Comunicantes**. Disponível em <https://www.amediar.info/los-vasos-comunicantes/>. Acesso em 19 jan. 2019.

WIEMAN, Carl. **Under Pressure**. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html. Acesso em: 15 fev. 2019.

3.2.4 Plano de Aula 4: Teorema de Stevin, Vasos Comunicantes

Após ter analisado na aula anterior os conceitos de pressão atmosférica, pressão hidrostática, foi possível definir o Teorema de Stevin, e a partir deste relacionar como a pressão influencia dois recipientes conectados.

3.2.4.1 Dados da Aula 4

Título: Hidrostática: Teorema de Stevin e os Vasos Comunicantes

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 201

Data da Aula: 27/03/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.2.4.2 Objetivo

▲ Apresentar o Teorema de Stevin e sua relação com vasos comunicantes, partindo dos experimentos.

3.2.4.3 Metodologia

Aula investigativa, partindo de experimentos, discussões e análises sobre os mesmos para conclusões sobre o sistema físico que os permeia em relação ao Teorema de Stevin e vasos comunicantes. As discussões são mediadas pelo professor, que eventualmente utiliza perguntas norteadoras para dirigir a discussão ao caminho esperado. Para a elaboração da aula foi utilizado o livro de Bonjorno (1999) e vídeos do canal Física Universitária, do Youtube, como referências.

3.2.4.4 Desenvolvimento

3.2.4.4.1 Resolução de exercícios e esclarecimento de dúvidas

Ao iniciar a quarta aula, o autor abriu um momento para esclarecer dúvidas quanto aos exercícios da última aula, além de ter oportunizado um momento para esclarecimento de dúvidas dos assuntos anteriores. Somente após estes esclarecimentos, deu-se o prosseguimento à construção de novos conhecimentos, iniciados pelo Teorema de Stevin.

3.2.4.4.2 Teorema de Stevin

A aula foi iniciada com o professor lembrando os experimentos da aula anterior. Primeiramente, em relação ao bebedouro, o professor recordou à conclusão que chegaram a respeito da relação entre a coluna de água dentro e fora do bebedouro, e que fora, havia a pressão atmosférica, e dentro, não. O professor perguntou aos alunos o que formava, no total, a pressão do lado de fora do bebedouro.

Através dessa breve discussão, foi verificado que o que formava a pressão no lado de fora era a pequena coluna de água contida no recipiente externo do bebedouro, mas também a pressão atmosférica. Foi possível definir, então, que esta pressão total chama-se pressão absoluta. Logo, foi possível apresentar que a pressão absoluta é composta por:

$$p_{\text{absoluta}} = p_{\text{atm}} + \mu gh$$

Em seguida, o professor utilizou novamente o experimento do manômetro em forma de U com o balão na outra extremidade. O experimento começou com o balão fora da água. Foi marcado ali na mangueira com água o ponto que foi chamado ponto zero, ou seja, em que a água não exerce pressão alguma. Uma régua foi inserida na posição vertical dentro da água, para pedir o quanto o balão baixou. O balão foi baixado 5 centímetros, e anotou-se a variação na altura da água do cano, que conforme a aula passada, os alunos sabiam que é proporcional à pressão exercida pela água. Então, foi baixado mais 5 centímetros, e anotou-se a nova variação.

O professor, então, perguntou aos alunos o que eram aquelas variações. Algumas perguntas norteadoras foram feitas:

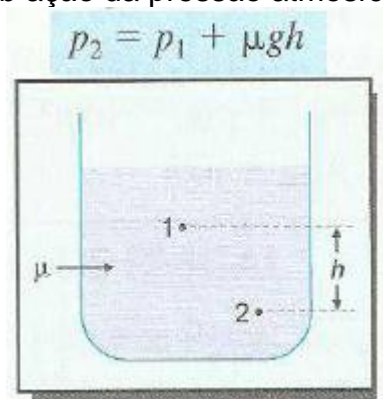
- Da marcação zero até a marcação 1, ou seja, essa variação de pressão Δp_1 , o que ela está medindo?
- Da segunda marcação, até a terceira, ou essa alteração de pressão Δp_2 o que está medindo?
- Se eu utilizar essa altura final, e diminuir a altura da marcação 1, eu tenho uma variação de altura. E a variação de pressão entre esses dois pontos?

Por meio desta discussão, foi possível chegar à conclusão que a diferença de pressão entre dois pontos no mesmo fluido, é diretamente proporcional à diferença de altura entre eles, representada por Δh :

$$\Delta p = \Delta h \cdot \mu \cdot g$$

Essa relação pode ser utilizada para calcular a diferença de pressão entre dois pontos como mostra a figura 19:

Figura 19 – Diferença de pressão entre dois pontos situados dentro de um líquido sob ação da pressão atmosférica



Fonte: Carron, Guimarães (1999, p. 83)

Sendo Δp a diferença de pressão entre os dois pontos, μ a massa específica do líquido, Δh a diferença de altura entre os dois pontos, e g a aceleração da gravidade local.

Neste ponto da aula, realizou-se dois problemas de exemplo no quadro aos alunos:

a) Um recipiente está preenchido com um líquido cuja massa específica é $1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Um corpo está no fundo do recipiente, e outro, na metade da altura deste mesmo recipiente. Considerando a aceleração da gravidade local $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, e a altura do recipiente igual a 0,5 metros, determine a diferença de pressão Δp entre os dois corpos.

Resolução:

$$h_2 = 0,5 \text{ metros}$$

$$h_1 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ metros.}$$

$$\mu = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p_2 = p_1 + \mu gh \text{ (entre os pontos)}$$

$$p_1 = \mu gh_1 + p_{\text{atm}}$$

$$p_2 = \mu gh_2 + p_{\text{atm}}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = (\mu gh_2 + p_{\text{atm}}) - (\mu gh_1 + p_{\text{atm}})$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \mu gh_2 - \mu gh_1$$

$$p_2 = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,5 \text{ m} = 6860 \text{ Pa}$$

$$p_1 = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,25 \text{ m} = 3430 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 6860 - 3430 = 3430 \text{ Pa}$$

b) Um tubo de ensaio possui 20 cm de altura, e é preenchido com água. Considerando $p_{\text{atm}} = 1.10^5 \text{ Pa}$, $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ e $\mu = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, determine a pressão absoluta no fundo deste tubo.

Resolução:

$$p_{\text{abs}} = \rho g h + p_{\text{atm}}$$

$$p_{\text{abs}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,2 \text{ m} + 1.10^5 \text{ Pa} = 101960 \text{ Pa}$$

3.2.4.4.3 Vasos Comunicantes

Neste momento da aula, a turma foi separada em 4 grupos, cada uma com um aparato montado e um roteiro impresso. O experimento consiste em uma mangueira em forma de U, com ambas extremidades abertas, fixada em uma estrutura com cola quente, conforme pode-se ver na fotografia 1:

Fotografia 1– Experimento de Vasos Comunicantes



Fonte: Registrado pelo autor.

O roteiro do experimento foi disponibilizado impresso aos alunos, e decorreu conforme a seguir:

Considerando a gravidade local $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$:

- a) Preencha com água a mangueira até a metade.
- b) Despeje com parcimônia, em apenas uma das aberturas, certa quantidade de óleo, escolhida pelo seu grupo, usando um funil.
- c) Depois do óleo se estabilizar, meça com uma régua a altura do ramo que possui apenas água, a partir do seu ponto mais baixo. Transforme a medida para metros. Anote.

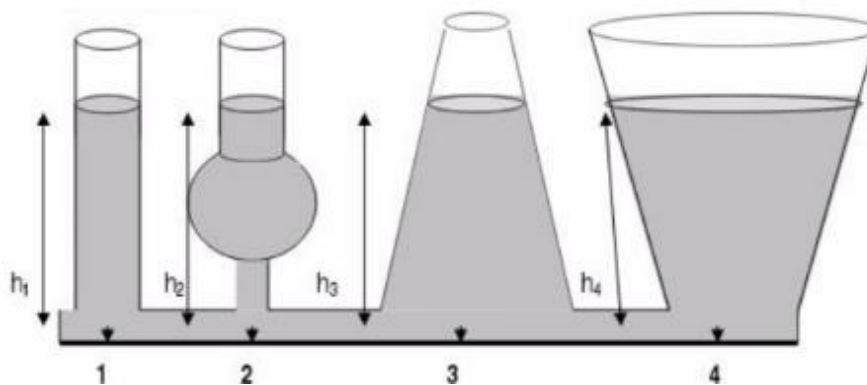
- d) Meça a altura de coluna de água no ramo com óleo. Transforme para metros. Anote.
- e) Meça a altura da coluna de óleo formada. Transforme para metros. Anote.
- f) Calcule, de acordo com o Teorema de Stevin, a pressão que o ramo só com água exerce no ponto mais baixo do ramo.
- g) Calcule, de acordo com o Teorema de Stevin, a pressão que a coluna de água do ramo onde há óleo exerce no ponto mais baixo do ramo.
- h) Iguale as pressões do ramo só com água, e do ramo água + óleo. Deixe a pressão do óleo como incógnita, e calcule a pressão exercida pelo óleo.
- i) Com a pressão da coluna de óleo definida, e a altura medida em metros, calcule a massa específica do óleo.
- j) Compare o resultado obtido, com a massa específica de referência do óleo ($891 \frac{kg}{m^3}$) e comente os resultados.

Com o final do roteiro, foi debatido alguns aspectos do experimento, seguindo algumas perguntas norteadoras:

- A altura nos dois ramos é igual?
- A pressão nos dois ramos é igual?
- Se houvesse um único líquido, as alturas seriam diferentes?
- E se eu virar o experimento em um ângulo de 45 graus em relação ao chão?

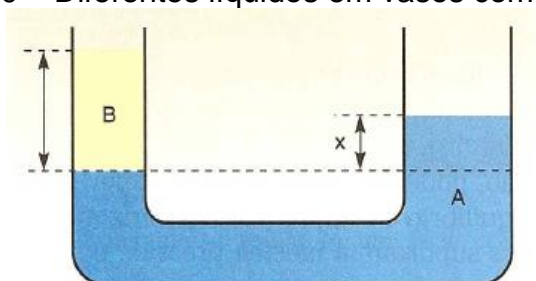
Através dessas investigações, se concluiu que com vasos que sejam comunicantes, a pressão deve ser igual em todos os ramos. Também, viu-se que se as condições forem iguais em todos os ramos (mesma pressão atmosférica, massa específica do líquido igual), as alturas devem ser exatamente as mesmas em relação ao ponto mais baixo do líquido. Foi desenhado no quadro, de maneira ilustrativa, as figuras 17 e 20 abaixo:

Figura 17 – Vasos comunicantes e a altura dos líquidos



Fonte: Prieto (2016)

Figura 20 – Diferentes líquidos em vasos comunicantes



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999)

Em seguida, o professor resolveu um exercício no quadro sobre o tema proposto, utilizando a figura 20:

a) Na figura 20, a água (em azul) está no recipiente junto com outro líquido (amarelo). A altura da coluna evidenciada como x é de 10 centímetros. Qual é a altura da coluna do líquido B, sabendo que:

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \mu_{\text{líquido}} = 415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Resolução:

Foi deixado claro, primeiramente, que a pressão nos 2 ramos é igual. Comentou-se também que a pressão abaixo da linha pontilhada é a mesma, portanto, não foi considerada no cálculo. Também, não foi considerada a pressão atmosférica no cálculo, pois é a mesma em ambos os ramos. Logo, foi calculada a pressão no ramo que contém só água, da linha pontilhada para cima (x). Essa pressão, deveria ser igual à da coluna de B.

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \mu_{\text{H}_2\text{O}} \times g \times h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,1 \text{ m} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 980 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{líquido}} = \rho_{\text{líquido}} \times g \times h = 415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h .$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{líquido}}$$

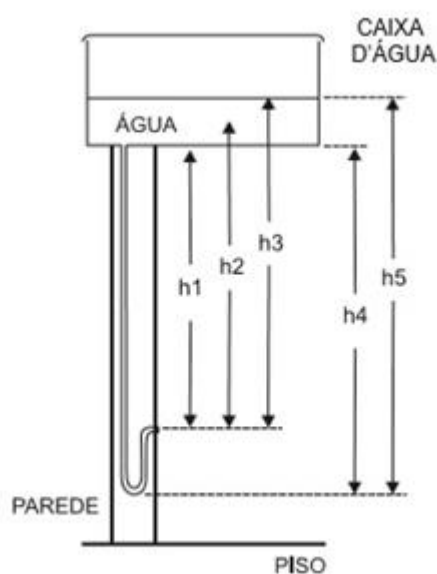
$$980 \text{ Pa} = 415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h . \text{ Logo } h = 0,24 \text{ m} .$$

3.2.4.4.4 – Tarefa Extraclasse

Foi dada aos alunos uma lista impressa de exercícios para resolverem em casa.

1 – Um chuveiro tem em seu manual a especificação de pressão máxima suportada. A figura 21 mostra a instalação hidráulica e o cano onde ficará o chuveiro.

Figura 21 – Esquema hidráulico para um chuveiro



Representação esquemática da instalação hidráulica de uma caixa d'água

Fonte: Teixeira (2019)

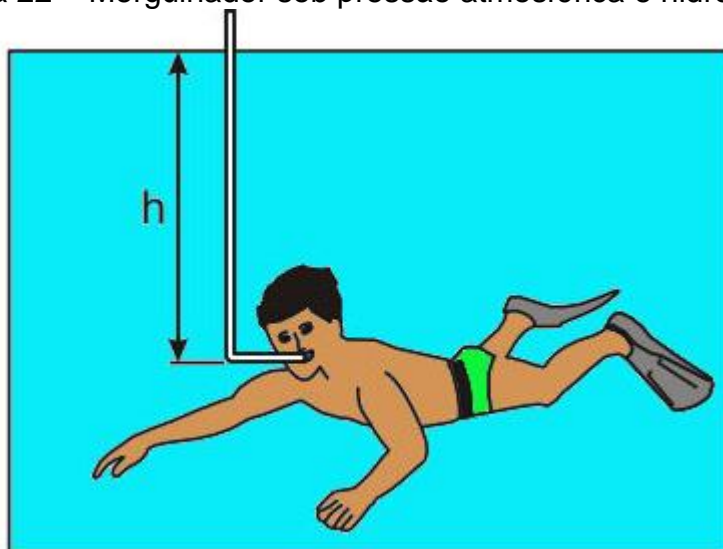
Quais das alternativas abaixo mostra a associação correta da pressão da água na ducha e a altura da coluna de água?

- a) h_1
- b) h_2
- c) h_3

d) h_4 e) h_5 **Resposta Esperada:** Alternativa C.

2 – (Unesp) A diferença de pressão máxima que o pulmão de um ser humano pode gerar por inspiração é em torno de $0,1 \times 10^5$ Pa ou 0,1 atm. Assim, mesmo com a ajuda de um snorkel (respiradouro), um mergulhador não pode ultrapassar uma profundidade máxima, já que a pressão sobre os pulmões aumenta à medida que ele mergulha mais fundo, impedindo-os de inflarem.

Figura 22 – Mergulhador sob pressão atmosférica e hidrostática



Fonte: Júnior (2019)

Considerando a massa específica da água $\mu \cong 1000 \frac{kg}{m^3}$ e a aceleração da gravidade $g \cong 10 \frac{m}{s^2}$, a profundidade máxima estimada, representada por h , que uma pessoa pode mergulhar respirando com a ajuda de um snorkel é igual a:

- a) $1,1 \times 10^2$ m
- b) $1,0 \times 10^2$ m
- c) $1,1 \times 10^1$ m
- d) $1,0 \times 10^1$ m
- e) $1,0 \times 10^0$ m

Resposta Esperada: Alternativa E. Resolução:

$$p_{\text{máx}} = \mu \times g \times h_{\text{máx}}$$

$$0,1 \times 10^5 \text{ Pa} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h_{\text{máx}}$$

$$h_{\text{máx}} = 1 \text{ metro.}$$

3 – Marque a alternativa correta.

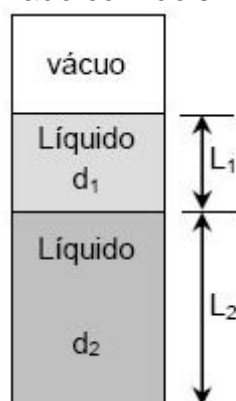
A Lei de Stevin:

- a) Determina a pressão exercida somente por líquidos.
- b) Em caso de recipiente fechado, depende da massa específica do líquido, altura da coluna de líquido e aceleração da gravidade.
- c) Determina a pressão exercida por um fluido.
- d) Só serve para determinar a pressão exercida pela água.
- e) Todas as alternativas estão corretas.

Resposta Esperada: Alternativa B.

4 - (UFPE) Um tubo fechado contém dois líquidos não miscíveis de massas específicas d_1 e d_2 . Na parte superior é feito vácuo. Mantendo-se o tubo na vertical, verifica-se que as colunas dos líquidos têm comprimentos L_1 e L_2 , respectivamente, como indicado na figura x. Considerando a aceleração da gravidade local igual a g , determine o valor da pressão no fundo do recipiente.

Figura 23 – Tubo fechado com dois líquidos não miscíveis.



Fonte: Júnior (2019)

- a) $gd_1 (L_1 + L_2)$
- b) $gd_2 (L_1 + L_2)$
- c) $g (d_1 + d_2) (L_1 + L_2)$

d) $g(d_1 - d_2)(L_1 + L_2)$

e) $g(d_1L_1 + d_2L_2)$

Resposta Esperada: Alternativa E

3.2.4.5 Referencias Bibliográficas

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**: São Paulo: Editora FTD, 1999.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – BEBEDOURO DE PASSARINHO**. 2016 (2 min 35 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=flwMKf1WLIM>. Acesso em 12 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – LEI DE STEVIN: PRESSÃO HIDROSTÁTICA**. 2016 (1 min 53 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OsMI1LJrmFs>. Acesso em 12 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – LEI DE STEVIN: VASOS COMUNICANTES**. 2016 (1 min 30 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=rKirlsdgCuE> . Acesso em 12 jan. 2019.

JÚNIOR, J. S. S. **Exercícios sobre lei de Stevin**. Disponível em: <https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-lei-stevin.htm>. Acesso em 12 jan, 2019.

JÚNIOR, J. S. S. **Exercícios sobre pressão em líquidos**. Disponível em: <https://exercicios-fisica/exercicios-sobre-pressao-liquididos.htm>. Acesso em 12 jan, 2019.

PRIETO, Tomás. **Los Vasos Comunicantes**. Disponível em <https://www.amediar.info/los-vasos-comunicantes/>. Acesso em 19 jan. 2019.

TEIXEIRA, M. M. **HIDROSTÁTICA NO ENEM**. Disponível em: <https://vestibular.mundoeducacao.bol.uol.com.br/enem/hidrostatica-no-enem.htm>. Acesso em 12 jan. 2019

3.2.5 Plano de Aula 5: Pascal, Prensas Hidráulicas, Empuxo

Como os alunos já tiveram aulas sobre vasos comunicantes e o Teorema de Stevin, foi possível trabalhar na sequência o princípio de Pascal e para finalizar o tema hidrostática, o empuxo.

3.2.5.1 Dados da Aula 5

Título: Pascal, Prensas Hidráulicas, Empuxo

Professor: Alessandro Rafael Michel

Escola: E.E.E.M. Osvaldo Aranha

Série: Segundo ano do ensino médio.

Turma: 201

Data da Aula: 10/04/2019

Carga Horária: 2 horas-aula.

3.2.5.2 Objetivos

▲ Apresentar o Princípio de Pascal, relacionando-o a prensas e elevadores hidráulicos

▲ Conceituar empuxo e apresentar suas aplicações cotidianas.

3.2.5.3 Metodologia

Aula investigativa, através de debates dirigidos, utilizando-se de experimentos, quadro, giz, livro didático. Foram utilizados como referências para a elaboração do plano de aula os livros de Carron e Guimarães (1999), Gaspar (2006) e vídeos dos canais “De tudo um pouco” e “Manual do Mundo”.

3.2.5.4 Desenvolvimento

3.2.5.4.1 Princípio de Pascal

Inicialmente, para demonstrar o Princípio de Pascal, foi mostrado um pequeno jogo chamado Pac-Man Hidráulico (fotografia 6) montado à base de êmbolos conectados a outros por mangueiras, e o sistema como um todo contendo um fluido (água).

Fotografia 6 – Pac-Man Hidráulico



Fonte: Registrado pelo autor

O jogo foi utilizado inicialmente para chamar a atenção dos alunos. Porém, após cada aluno brincar um pouco, o professor lançou os seguintes questionamentos chave para orientar a discussão:

- Por que os êmbolos do tabuleiro se movimentam conforme os êmbolos do “controle” são pressionados?
- O que ocorre com o líquido quando o êmbolo do controle é pressionado?
- O que ocorre com o líquido quando o êmbolo do controle é puxado?

Após as discussões, foi possível concluir que caso o líquido sofra alteração de pressão por qualquer motivo (Δp), a variação de pressão em qualquer ponto deste

fluido é igual a Δp também. Esse princípio é utilizado na construção de elevadores, guinchos, prensas, entre outros tipos de equipamentos.

Portanto, o Princípio de Pascal estabelece que a alteração de pressão produzida em um fluido em equilíbrio transmite-se igualmente em todas as direções e pontos desse fluido, devido à sua fluidez. Ou seja, a variação de pressão sobre o fluido, é a mesma em todos os pontos.

3.2.5.4.2 O Elevador Hidráulico

Após explanar sobre o princípio de Pascal, foi possível relacionar a questão da alteração da pressão, com a força e com a área, entrando num conceito mais específico do Princípio de Pascal.

Foi apresentado aos alunos um experimento chamado elevador hidráulico, conforme fotografia 5.

Fotografia 5 – Elevador Hidráulico



Fonte: Registrado pelo autor.

Foi solicitado que os alunos se separassem em quatro grupos, e cada grupo recebeu um roteiro com as seguintes instruções:

- 1 – Coloque um dos blocos em um dos êmbolos à sua escolha. Anote o que ocorre.
- 2 – Coloque esse mesmo bloco, no êmbolo oposto. Anote o que ocorre.

3 – Houve alguma diferença entre um movimento e outro? Caso sim, discuta com o grupo o motivo das diferenças e anote.

4 – Imagine exatamente o mesmo bloco sobre ambos os êmbolos. O que ocorreria nessa situação? Discuta com o grupo e anote.

5 – Agora coloque um bloco (eles têm a mesma massa) em cada êmbolo. O que ocorre? Discuta os motivos disso ocorrer com o grupo e anote. Dica: lembrem-se da definição de pressão: $p = \frac{F}{A}$.

Após os grupos terminarem, o professor começou uma discussão com o grande grupo revisando as etapas do relatório. Alguns questionamentos norteadores foram utilizados para orientar, principalmente, o passo 4:

- Por que, apesar de ambos os blocos terem a mesma massa, um levanta o outro?
- Já que para levantar o objeto é necessário força, pode-se dizer que há mais força resultante no êmbolo de maior diâmetro do que a feita originalmente no êmbolo de menor diâmetro? Como isso é possível, se a força deveria ser proporcional ao peso desses materiais, que são iguais?

A relação da força ser inversamente proporcional ao diâmetro do êmbolo, ou melhor dizendo, à área dele, já era sabida devido à notação anterior. A descoberta de uma força maior no êmbolo de maior raio também ficou evidente, porém talvez ainda não totalmente esclarecida.

De acordo com o Princípio de Pascal, a variação de pressão é igual nos dois êmbolos. Logo, entendendo p_1 , F_1 , r_1 como características do êmbolo de menor raio, e p_2 , F_2 , r_2 o de maior raio:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

Analisando Δp_1 :

$$\Delta p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Analisando Δp_2 :

$$\Delta p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

Igualando então $\Delta p_1 = \Delta p_2$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Foi resolvido um exercício no quadro para exemplificar aos alunos:

Exemplo:

1 – Qual é a força necessária para levantar um carro de 5 toneladas através de um guindaste hidráulico, sendo que a área onde é aplicada a força (1) é de 0,01 m², e a área onde o carro é levantado (2) possui 16 m². Considere a aceleração da gravidade $10 \frac{m}{s^2}$.

Resposta esperada:

Força para levantar o carro = peso do carro = m x g.

$$5000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 50000 \text{ N}$$

Alteração de Pressão em 2 = Alteração de Pressão em 1

Como em (2) possuímos a força e a área, pode-se verificar a variação de pressão necessária para levantar o carro. Logo:

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$p_2 = \frac{50000 \text{ N}}{16 \text{ m}^2} = 3125 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Como as variações de pressão são iguais, em (1) tem-se:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

$$3125 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{F_1}{0,01 \text{ m}^2}$$

$$F_1 = 31,25 \text{ N}.$$

Logo, são necessários 31,25 N para, através de um guincho hidráulico nessas condições, erguer um carro de 5 toneladas. Fazendo um comparativo, essa mesma força, fora deste guincho hidráulico, levantaria um objeto com cerca de 3 quilogramas em local com a mesma aceleração da gravidade.

3.2.5.4.3 Empuxo

Para iniciar a investigação sobre empuxo, foi montado um aparato que consiste em uma balança sob forma de alavancas, onde foram pendurados, em cada lado, um saco de pregos de mesma massa total. Um dos sacos de pregos, suspenso na balança, foi então mergulhado no jarro com água. Ao ser mergulhado, a balança acaba pendendo para o lado fora da água, mesmo que ambos os lados tivessem a mesma massa de pregos. O experimento se deu conforme mostra a fotografia 7:

Fotografia 7 – A balança de empuxo



Fonte: Registrada pelo autor.

O professor retirou de um dos sacos alguns pregos. Então, pendurou-o na balança, que prontamente pendeu para o lado oposto, claro, com mais massa desta vez. No entanto, ao mergulhar este pacote de mais massa na água, a balança novamente se equilibrou, mesmo havendo menos massa em um dos lados.

Com a balança em equilíbrio na configuração mostrada na fotografia 7 (com um dos sacos tendo menos massa), foi posto um pequeno barco, feito de papelão, sob o saco de pregos que seria submerso, e o conjunto foi mais uma vez posto na água. Novamente, não houve mais equilíbrio e a balança pendeu para o lado do saco com mais massa. Então, foram retirados mais pregos do saco que não estava na água para reestabelecer o equilíbrio.

Por fim, foram colocados novamente todos os pregos em todos os sacos, igualando a massa. Desta vez, além de um recipiente com água, havia outro recipiente com óleo, sobre o qual foi avisado aos alunos que este possuía menor

massa específica que a água. Ambos os sacos de pregos foram mergulhados ao mesmo tempo, um na água, e outro no óleo. Viu-se que a balança tendeu levemente para o lado onde havia o recipiente com óleo. O experimento foi repetido várias vezes para que o resultado ficasse claro aos alunos.

Ao final do experimento, o professor promoveu um debate entre o grande grupo a respeito do ocorrido. Algumas perguntas chave foram utilizadas para nortear a discussão:

- Se os sacos de pregos na balança continham a mesma massa inicialmente, como ao entrar na água desbalanceou o sistema?
- Quando entramos em uma piscina, parecemos mais leves. Não seria o mesmo que ocorreu com os pregos na água?
- E por que, depois do equilíbrio, quando foi posto o barco de papelão, ou seja, um peso a mais, aparentemente os pregos passaram a pesar menos ainda?
- Por que um barco que possui toneladas de massa flutua na água, e uma pedrinha, que possui muito menos massa, afunda?
- Por que havendo a mesma massa dos dois lados, e ambos os sacos de pregos mergulhados em fluidos, a balança tendeu um pouco para o lado do óleo?

Após o debate, foi possível verificar que o peso aparente de um material imerso em algum fluido é menor que o peso real. Logo, há uma força que tem sentido oposto ao, ou seja, para cima. Essa força se opõe ao peso de tal forma, que pode igualá-lo, fazendo o objeto flutuar. Essa força é chamada de Empuxo, e esse peso restante (ou nulo, quando igualado), que é aquele que nos dá a impressão de sermos mais leves dentro de uma piscina, é chamado peso aparente, que é o resultado do peso descontado o empuxo. A unidade de medida de empuxo, por ser uma força, é o newton (N).

Foi possível também perceber e discutir algumas características que definem o empuxo. Foi verificado que o empuxo é diretamente proporcional ao volume submerso do objeto, ou, em outros termos, o volume de água deslocado. Através da comparação entre o óleo e a água, viu-se que a força (empuxo) exercida pelo óleo foi menor que a da água, logo, o empuxo também é diretamente proporcional à massa específica do fluido. Por fim, o professor acrescentou mais uma característica, que é a aceleração da gravidade, formando a notação:

$$E = V \times g \times \mu \text{ (N)}$$

O professor realizou um exemplo de problema envolvendo empuxo, no quadro, com os alunos:

2 – Um barco de massa 40000 kg está sendo construído. A altura de seu casco é de 10 metros. O projetista pretende que ele afunde no máximo 10% de sua altura. Qual deve ser a área mínima da base desse casco, para que o barco não afunde. Considere $g = 10 \frac{m}{s^2}$, e μ (água do mar) = $1025 \frac{kg}{m^3}$.

Resposta Esperada: O empuxo mínimo deve igualar o peso do barco. O peso do barco, à uma $g = 10 \frac{m}{s^2}$ é de 400000 N. Como o empuxo dele irá então igualar esse valor, tem-se a aceleração da gravidade, e tem-se a massa específica do líquido, fica fácil calcular o volume de água deslocado, que por sua vez, é o volume do barco que vai afundar. Tem-se:

$$E = \mu \times V \times g. \text{ Logo: } 400000 \text{ N} = 1025 \frac{kg}{m^3} \times V \times 10 \frac{m}{s^2}$$

Tem-se então $V = 39,02 \text{ m}^3$.

Como o volume é formado pela área da base multiplicada pela altura, e tem-se que a altura que se pretende que afunde é 10% de 10 metros, ou seja, 1 metro, e também se tem o volume de água deslocado para gerar empuxo de 400000 N, fica fácil chegar à área da base:

$$\text{Volume} = \text{Área Base} \times \text{Altura.}$$

$$39,02 \text{ m}^3 = \text{Área Base} \times 1 \text{ m. Logo Área da Base} = 39,02 \text{ m}^2$$

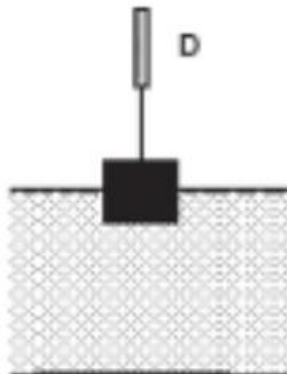
3.2.5.5 Tarefa extraclasse:

1 – Enem 2011 Questão 73

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrados: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao

mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.

Figura 26 – Experimento para verificar massa específica da água



Fonte: Globo (2011)

Considerando que a aceleração da gravidade local é de $10 \frac{m}{s^2}$, a massa específica da água do lago, em $\frac{g}{cm^3}$, é:

- F) 0,6
- G) 1,2
- H) 1,9
- I) 2,4
- J) 4,8

Resposta Esperada: Alternativa B.

Resolução:

Peso aparente = peso – empuxo

$24 \text{ N} = 30 \text{ N} - \text{Empuxo}$. Logo, empuxo = 6 N

Volume do Cubo = $\text{lado}^3 = 0,1^3 = 0,001 \text{ m}^3$

Como somente metade do cubo está mergulhado, considera-se essa metade para o cálculo do empuxo: Volume mergulhado: $0,0005 \text{ m}^3$

$$E = \mu \times V \times g$$

$$6N = \mu \times 0,0005 \text{ m}^3 \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\mu = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \text{ ou } 1200000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}, \text{ ou } 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

2 – Enem 2013, questão 61:

Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldades de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimenta a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, deseja-se elevar uma pessoa de 65 kg em uma cadeira de rodas de 15 kg sobre a plataforma de 20 kg.

Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

- F) 20 N
- G) 100 N
- H) 200 N
- I) 1000 N
- J) 5000 N

Resposta Esperada: Alternativa C.

Resolução:

Primeiro, deve-se elevar a pessoa em velocidade constante, ou seja, sem aceleração. Logo, trata-se de uma condição de força mínima, em que esta deve ser levemente superior ao próprio peso, aqui considerado equivalente à força o peso como a força do elevador, e:

F_1 e S_1 = dados do motor.

F_2 e S_2 = dados do elevador.

Pelo Princípio de Pascal temos:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$F_2 = \text{peso total} = \text{massa total} \times \text{aceleração da gravidade.}$

massa total = 65 kg + 15 kg + 20 kg = 100 kg

$$F_2 = 100 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1000 \text{ N}$$

O exercício não informa as áreas, mas informa que a área onde a força é exercida no elevador, é 5 vezes maior que a do motor, logo, utilizou-se respectivamente A e 5A. Então:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{F_1}{A} = \frac{1000 \text{ N}}{5A}$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

3.2.5.6 Referências Bibliográficas

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

DE TUDO UM POUCO. **COMO FAZER UMA PRENSA HIDRÁULICA CASEIRA**. 2018 (4 min 10 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=if5unr4XqZo>. Acesso em 13 Jan. 2019.

GASPAR, Alberto. **Física Brasil Volume Único**. São Paulo: Editora Ática, 2006.

GLOBO. **EDUCAÇÃO**. Disponível em: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2011/questoes/73.html>. Acesso em 13 jan. 2019.

MANUAL DO MUNDO. **FAÇA EM CASA UM PAC-MAN HIDRÁULICO!** 2018 (10 min 35 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KQyPh8bLy9s>. Acesso em 13 Jan. 2019.

3.2.6 Plano de Aula 6: Aplicação de Questionário

Nesta aula, o autor aplicou novamente o mesmo questionário da aula 1. Na aula 1, o tempo dos dois períodos foi dividido em outras atividades, como apresentação do professor, do método a ser adotado nas aulas seguintes, pois grande parte das questões do questionário os alunos ainda não tinham condições de responder, e por isso sua aplicação foi mais breve. Nesta aula, o professor usou os dois períodos para desenvolver a atividade. Com estes resultados, o professor pôde montar o novo mapa conceitual da turma, baseado nas respostas dos alunos, e assim verificar a evolução do conhecimento de maneira subjetiva, comparando então os mapas conceituais antes e depois da unidade de ensino.

Esta aula é idêntica, por se tratar da aplicação do questionário, à sua correspondente já apresentada anteriormente no laboratório estruturado.

3.2.7 Plano de Aula 7: Prova Avaliativa

Nesta aula, o autor aplicou uma prova avaliativa, tendo sido o resultado utilizado como base para a comparação quantitativa entre as metodologias de ensino. Esta aula é idêntica, por se tratar de aplicação de prova, à sua correspondente já apresentada anteriormente no laboratório estruturado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo é dividido entre a análise e a discussão dos resultados obtidos através da aplicação dos métodos de laboratório estruturado e programado às aulas de Física, versando sobre o tema hidrostática. Inicialmente, são apresentados os potenciais e dificuldades de cada método, para que posteriormente sejam discutidos e analisados os resultados dos questionários e provas, os quais foram os instrumentos avaliativos utilizados.

4.1 RELATÓRIO DAS AULAS

4.1.1 Relatório de Aulas do Laboratório Estruturado

A aplicação do método de aula com laboratório estruturado se deu em sete aulas de dois períodos de cinquenta minutos cada, com a turma da manhã (turma 203), às quartas-feiras, nos primeiros dois períodos. A turma tem um total de 28 alunos, sendo que em média 26 estavam presentes nas aulas.

As aulas decorreram normalmente, sendo as aulas 1, 6 e 7 aplicadas em sala de aula (aulas avaliativas), e as demais no laboratório de Ciências da escola. Foi notável, comparado com a outra turma na qual foi aplicado o método de laboratório programado, que esta turma, talvez também por ter mais alunos, teve maior dificuldade de concentração. Havia mais conversas, mais alunos desconcentrados, fazendo outras atividades (desenhando no caderno, prestando atenção em outras coisas). Ao longo das aulas, os alunos foram de um todo receptivos ao método, onde claramente se destacou o fato de serem utilizados em todas as 3 aulas de hidrostática, experimentos para evidenciar os fenômenos físicos para eles.

Foi possível verificar que apresentando os experimentos após a explicação de cada matéria, houve um proveito maior do experimento em si, pois os alunos já relacionavam o que já haviam aprendido com o fenômeno que estava sendo visto. No entanto, o processo de ensino e aprendizagem que era desenvolvido antes do experimento parecia mais mecânico, sem exigir que o aluno pensasse tanto sobre o assunto.

Ficou também evidente que a duração das aulas dentro do laboratório estruturado é um fator mais simples de controlar, visto que a construção do

conhecimento, ainda que dada de forma expositiva dialogada, fica muito mais a cargo do professor. Pontuando então algumas vantagens e algumas dificuldades do laboratório estruturado, pôde-se sintetizar:

VANTAGENS:

- Maior controle do tempo de aula.
- Melhor entendimento do experimento por parte dos alunos.

DIFICULDADES

- Menor interesse do aluno na explicação do assunto.
- Menor exigência de raciocínio, por parte do aluno, a respeito do assunto, e aprendizagem mais mecânica.

Abaixo pode-se visualizar algumas fotos das aulas na turma 203:

Fotografia 8 – Explicando funcionamento da prensa hidráulica



Fonte: Registrada pelo autor.

Fotografia 9 – Alunos da turma 203 em um experimento verificando o Teorema de Stevin



Fonte: Registrada pelo autor.

4.1.2 Relatório de Aulas do Laboratório Programado

A aplicação do método de aula com laboratório programado se deu em sete aulas de dois períodos de cinquenta minutos cada, com a turma da manhã (turma 201), às quartas – feiras, nos dois últimos períodos. A turma tem um total de 21 alunos, sendo que em média 19 estavam presentes nas aulas.

As aulas decorreram normalmente, sendo as aulas 1, 6 e 7 aplicadas em sala de aula (aulas avaliativas), e as demais no laboratório de Ciências da escola. Ao iniciar as aulas nas quais seriam apresentados novos conhecimentos (aulas 3, 4 e 5), logo foi possível perceber que a turma estranhou bastante o método. Foi difícil para eles pensarem sobre o fenômeno que acabavam de ver sem ter o embasamento teórico prévio. Foi necessário explicar e incentivar várias vezes que debatessem sobre os motivos dos experimentos se comportarem daquela maneira. Nesse sentido, as perguntas dirigidas foram fundamentais para guiar a discussão. Na terceira aula, já se notou uma evolução muito grande nesse aspecto, onde os alunos rapidamente perceberam e associaram os conceitos relativos a um elevador hidráulico e seu funcionamento, bem como no experimento da balança de empuxo.

Ficou evidente que nesse tipo de método, o aluno acaba por pensar muito mais sobre o fenômeno físico abordado, e o conhecimento que dali se origina parece mais contextualizado e real ao aluno. As discussões posteriores, em sala de aula, eram mais fundamentadas e lógicas que no método de laboratório estruturado. No entanto, no momento do experimento em si, ele se tornava um grande mistério aos

alunos, sendo que alguns acabaram não conseguindo pensar sobre o que ocorreu, mesmo com perguntas dirigidas.

Como a aula demandou a contribuição direta dos próprios alunos, não foi necessário intervir tantas vezes pedindo atenção ou silêncio aos alunos. Constatou-se então, que o nível de concentração dos alunos foi maior que no laboratório estruturado.

Como dificuldade, foi visto que é necessário um domínio muito maior do professor sobre o assunto, para compreender as explicações e dúvidas dos alunos, dirigir de maneira adequada esses comentários, e conduzir a construção do conhecimento numa linha de evolução apropriada, e não empirista. Foi necessário desconstruir algumas impressões que faziam algum sentido, mas estavam incorretas por parte dos alunos, então o exercício da dialética nestas oportunidades exigiu um esforço extra em termos da demanda de conhecimento do professor. Ainda, foi necessário muito incentivo e ajuda do professor para que os alunos comesçassem a debater adequadamente sobre os experimentos vistos, pois eles não sabiam nem por onde começar a analisar a situação proposta. Quando questionados sobre essa dificuldade, os próprios alunos relataram que “*sempre os professores nos entregam toda a matéria pronta, só precisamos decorar*”. Por fim, o fator tempo foi um ponto delicado, visto que as discussões algumas vezes tomaram proporções interessantes e que deviam ser incentivadas, em detrimento do cumprimento da programação prévia estabelecida no planejamento, e também devido ao tempo necessário para que os alunos conseguissem iniciar uma deliberação adequada sobre o tema.

Pontuando, então, algumas vantagens e dificuldades do laboratório programado, pôde-se sintetizar:

VANTAGENS:

- O conhecimento construído através do diálogo com alunos, incentivando o raciocínio sobre o assunto.
- Maior nível de concentração dos alunos na aula.
- O conhecimento adquirido mais palpável ao aluno.

DIFICULDADES

- O momento de experimentação pode se tornar completamente abstrato para alguns alunos.

- Exige grande domínio, por parte do professor, sobre as diversas situações que o assunto discutido abrange.
- O tempo de aula pode passar facilmente do planejado, para que a construção do conhecimento se dê de maneira significativa.
- A dificuldade dos alunos em pensarem sobre o assunto de maneira mais independente, pois habitualmente não recebem esse estímulo ao longo de sua jornada estudantil.

Abaixo pode-se observar algumas fotos das aulas na turma 201:

Fotografia 10 – Alunos da turma 201 com o experimento “Bebedouro de Passarinho”



Fonte: Registrada pelo autor.

Fotografia 11 – Alunos da turma 201 verificando diferentes colunas em dois ramos de um mesmo vaso comunicante



Fonte: Registrada pelo autor.

4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS E PROVAS

Seguem as análises dos questionários e da prova aplicados. O questionário permitiu traçar um comparativo entre o mapa conceitual inicial e o final, avaliando assim a evolução do conhecimento dos alunos, além de analisar a aquisição de conhecimento de acordo com cada conceito. A prova avaliou de forma mais quantitativa o desempenho de cada turma.

4.2.1 Análise do Resultado dos Questionários

Os questionários foram aplicados nas aulas 1 e 6, ou seja, antes e depois dos novos assuntos (hidrostática) serem ministrados. As respostas às perguntas do questionário foram divididas em 4 subcategorias avaliativas:

I: Inadequado: a resposta do aluno foi totalmente equivocada ou em branco.

PA: Parcialmente adequado: a resposta do aluno tem algum fundamento com o fenômeno físico, porém mal estruturada.

A: Adequado: o aluno compreendeu o fenômeno físico envolvido na pergunta, e soube relacionar razoavelmente com os novos conhecimentos adquiridos.

TA: Totalmente adequado: o aluno compreendeu completamente o fenômeno físico envolvido na pergunta, e soube expressar isso totalmente em concordância com as referências teóricas.

A avaliação das respostas foi estruturada em termos de gráficos, analisando a evolução dos alunos em cada questão (primeira aplicação e segunda aplicação), e também por conceito, pois cada questão abrangia um grupo de conceitos. Neste último caso, as questões que tratavam do mesmo conceito foram agrupadas e analisadas. O resultado foi utilizado como ferramenta para verificar qual conceito deveria ser retrabalhado com a turma, através da produção dos mapas conceituais. Importante ressaltar que os dados foram coletados apenas de alunos que fizeram ambos os questionários, para que a comparação entre o antes e o depois das aulas fosse fidedigna. Alunos que estavam presentes em apenas uma destas aulas, não foram contabilizados. Ao todo, foram analisadas as respostas de 47 alunos, sendo 28 do laboratório estruturado (turma 203) e 19 alunos do laboratório programado

(turma 201). Os gráficos são apresentados lado a lado para uma melhor comparação, sendo sempre o primeiro gráfico (à esquerda) do laboratório estruturado, e o segundo (à direita) do programado. Foi considerado um desempenho satisfatório a obtenção dos conceitos Adequado e Totalmente Adequado.

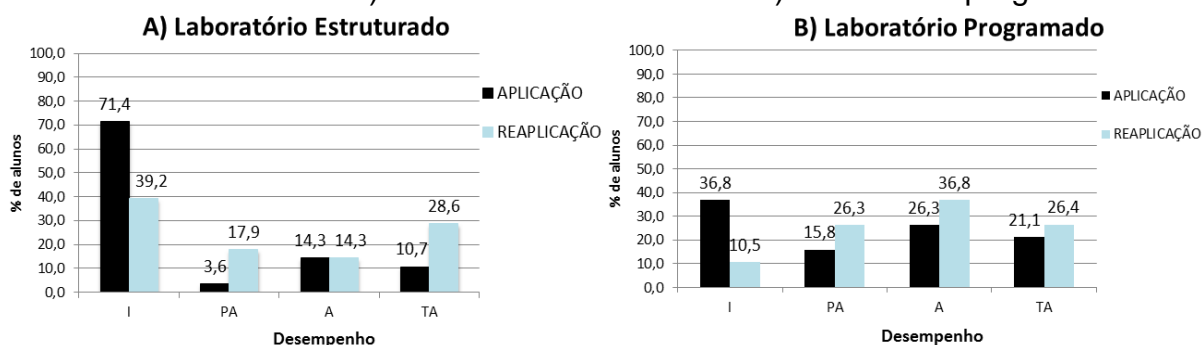
Na produção dos mapas conceituais, considerou-se satisfatório 50% ou mais dos alunos com conceitos Adequado ou Totalmente Adequado. Os conceitos que não atingiram tal marca não foram inseridos no mapa conceitual dos alunos, visto que ainda não foram devidamente aprendidos.

4.2.1.1 Análise por Questões

QUESTÃO 1

Questão: **Qual é a diferença entre massa e peso?**

Gráfico 1 – Desempenho dos alunos na questão 1 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conceitos Envolvidos: massa; peso.

Exemplos de respostas:

Inadequado: “Massa é a massa muscular de um corpo, e o peso é o que é medido na balança”.

Parcialmente Adequado: “Massa é a quantidade de matéria em um corpo, e peso depende da atração de um corpo sobre o outro”.

Adequado: “O peso é uma força que depende da gravidade, já a massa é a quanto cabe de matéria num corpo, e isso não depende da gravidade”.

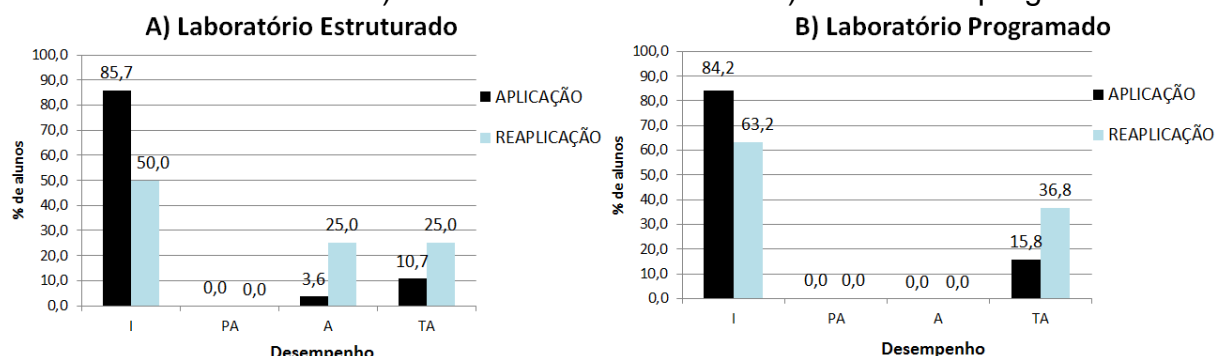
Totalmente Adequado: “Massa é a quantidade de matéria de um objeto, e peso é a medição dessa massa com a gravidade agindo nela”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 25% dos alunos com desempenho satisfatório (A e TA) na questão 1, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 42,9%, registrando um aumento de 17,9%. No laboratório programado, inicialmente havia 47,4% de alunos com desempenho satisfatório na questão 1, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 63,2%, registrando um aumento de 15,8%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, enquanto que a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 2

Questão: **Analise a seguinte afirmação: “Um homem na Lua, que possui aceleração da gravidade menor que a Terra, ao comparar sua medida de peso em ambos, descobre que ele possui menos massa na Lua.” Comente.**

Gráfico 2 – Desempenho dos alunos na questão 2 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: massa; peso; gravidade.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “A lua, por ter menos, ou até não ter gravidade, acaba fazendo com que nossa massa seja menos que na Terra”.

Parcialmente Adequado: *Não houve registro.*

Adequado: “Só muda o peso”.

Totalmente Adequado: “Ele não perde massa, mas sim peso, devido a gravidade menor na lua, pois a gravidade só aparece na mudança de peso, ela não muda a massa”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 14,3% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 2, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 50%, registrando um aumento de 35,7%. No laboratório programado, inicialmente havia 15,8% de alunos com desempenho satisfatório na questão 2, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 36,8%, registrando um aumento de 21%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 3

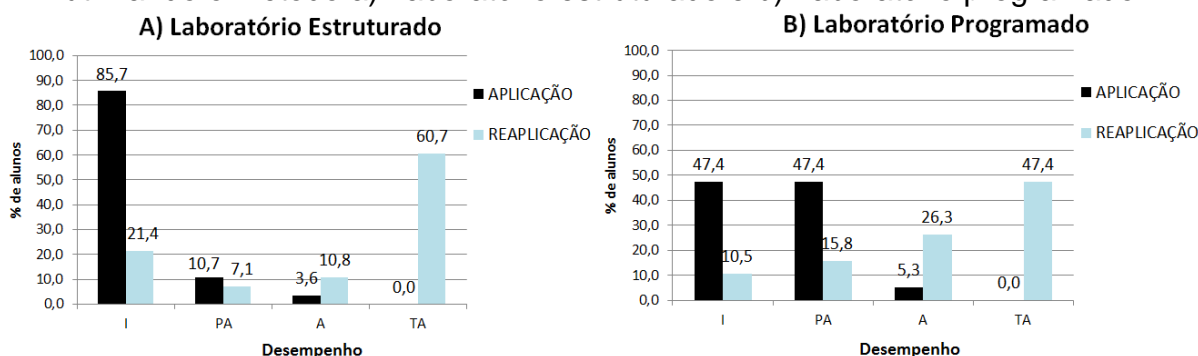
Questão: **Dois amigos foram a um parque. Sentaram em um local com vasto gramado. Ambos possuem a mesma massa. Um deles, usou para sentar uma cadeira convencional (4 pés), enquanto o outro, uma cadeira “de abrir”, conforme figura 2:**

Figura 2 – Cadeira comum (à esquerda) e cadeira de abrir (à direita)



Fonte: Adaptada de Elare (2019)

Gráfico 3 – Desempenho dos alunos na questão 3 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: pressão, força, área.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “Pois a forma da massa que estava sendo aplicada sobre as 4 pernas é maior do que a pressão realizada nas duas pernas”.

Parcialmente Adequado: “A cadeira de 2 pés afundou mais por ter aplicado uma força maior contra o chão e a cadeira de abrir não afundou mais pois o peso foi melhor espalhado”.

Adequado: “O peso é melhor distribuído na cadeira de praia, que tem uma área de contato maior”.

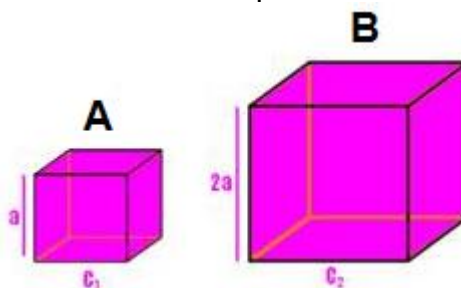
Totalmente Adequado: “A pressão da cadeira de praia contra o chão é menor pois a área de contato entre o chão e a cadeira de praia é maior que na de 4 pés, distribuindo melhor o peso, então ela afunda menos”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 3,6% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 3, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 71,5%, registrando um aumento de 67,9%. No laboratório programado, inicialmente havia 5,3% de alunos com desempenho satisfatório na questão 3, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 73,7%, registrando um aumento de 68,4%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 4

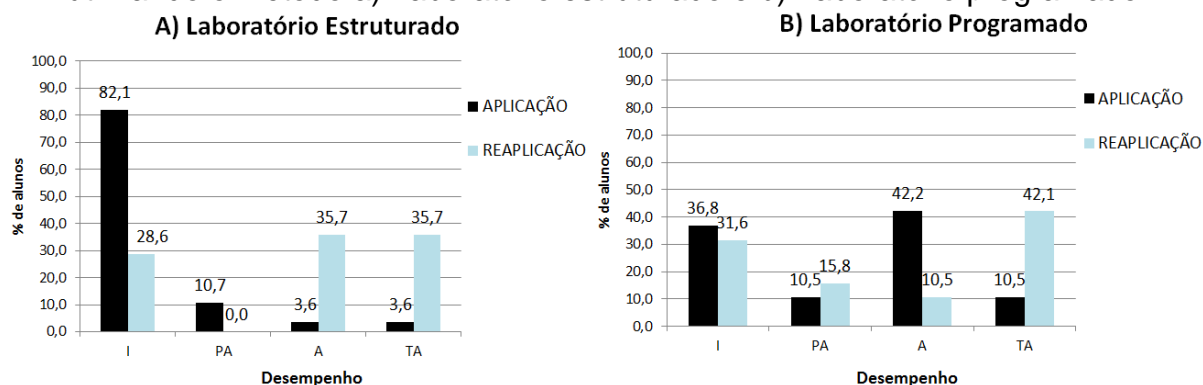
Questão: **Dois cubos iguais aos da figura 3 possuem a mesma massa. Qual possui maior massa específica? Justifique:**

Figura 3 – Dois cubos de volumes distintos para determinar suas massas específicas



Fonte: Adaptada de Bocafoli (2019)

Gráfico 4 – Desempenho dos alunos na questão 4 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: volume, massa, massa específica.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “O maior pois é maior, então tem mais massa”.

Parcialmente Adequado: “O menor pois a massa fica mais prensada”.

Adequado: “O menor devido a massa se expandir por uma área menor”.

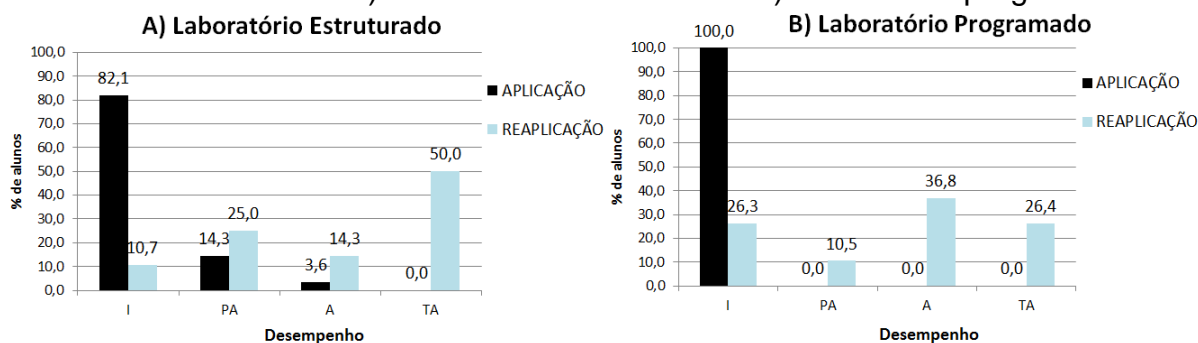
Totalmente Adequado: “O menor tem mais massa específica pois tem a mesma quantia de massa em um menor espaço”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 7,2% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 4, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 71,4%, registrando um aumento de 64,2%. No laboratório programado, inicialmente havia 52,7% de alunos com desempenho satisfatório na questão 4, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 52,6% também, não registrando aumento real de desempenho, até diminuindo 0,1%. No entanto, é importante frisar que houve uma inversão positiva nos percentuais de “adequado” e “totalmente adequado”, verificando ainda assim uma melhora no aprendizado. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 5

Questão: **Quais são as características de um fluido? Em qual(is) estado(s) físico(s) se encontra(m)?**

Gráfico 5 – Desempenho dos alunos na questão 5 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: fluido.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “Unido/ estado líquido”.

Parcialmente Adequado: Os fluidos se encontram na forma líquida ou gasosa, dependendo do seu recipiente”.

Adequado: “Não tem forma. Líquido e gás”.

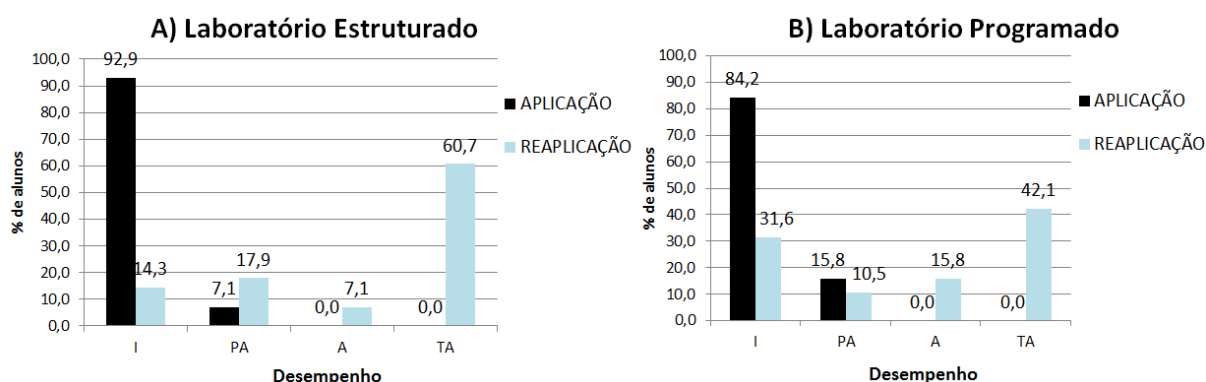
Totalmente Adequado: “Eles podem ser encontrados no estado líquido e gasoso, eles tomam forma do recipiente e são capazes de escoar”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 3,6% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 5, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 64,3%, registrando um aumento de 60,7%. No laboratório programado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 5, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 63,2%, registrando um aumento de 63,2%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 6

Questão: **O que é pressão atmosférica? Qual é o instrumento utilizado para sua medição?**

Gráfico 6 – Desempenho dos alunos na questão 1 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: pressão atmosférica, barômetro.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “Pressão atmosférica é o ar, fazendo com que o balão suba, por exemplo”.

Parcialmente Adequado: “Pressão atmosférica é a força causada pela pressão dos gases da nossa atmosfera”.

Adequado: “Pressão atmosférica é o nome dado a consequência dos fluidos da nossa atmosfera, e o instrumento é o barômetro”.

Totalmente Adequado: “É a pressão exercida pela atmosfera na superfície. O instrumento é o barômetro”.

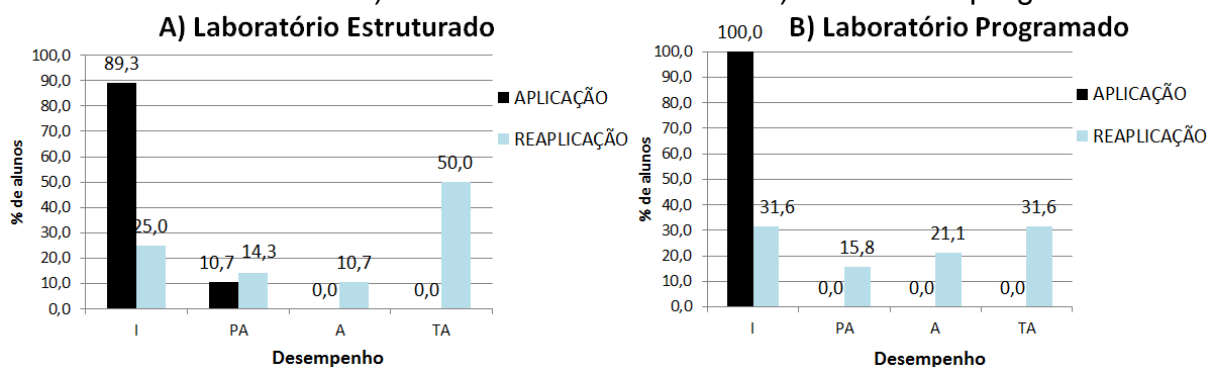
Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 6, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 67,8%, registrando um aumento de 67,8%. No laboratório programado, também não havia inicialmente alunos com desempenho satisfatório na questão 6, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 57,9%, registrando um aumento de 57,9. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do

conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 7

Questão: **O que é pressão hidrostática? Qual instrumento pode medi-la?**

Gráfico 7 – Desempenho dos alunos na questão 7 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: pressão hidrostática, manômetro.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “Pressão hidrostática é a pressão que a eletricidade causa na água”.

Parcialmente Adequado: “É a pressão da água, depende da altura e da profundidade do objeto na água”.

Adequado: “É a pressão que líquidos exercem. O instrumento é o manômetro”.

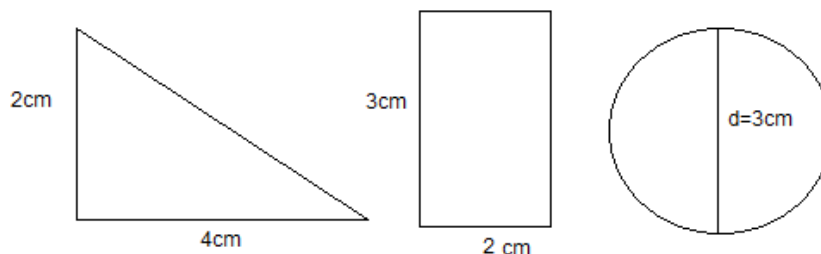
Totalmente Adequado: “É a pressão exercida por uma coluna de fluido sobre uma determinada região. O instrumento é o manômetro”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 7, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 60,7%, registrando um aumento de 60,7%. No laboratório programado, também não havia inicialmente alunos com desempenho satisfatório na questão 7, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 52,7%, registrando um aumento de 52,7%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 8

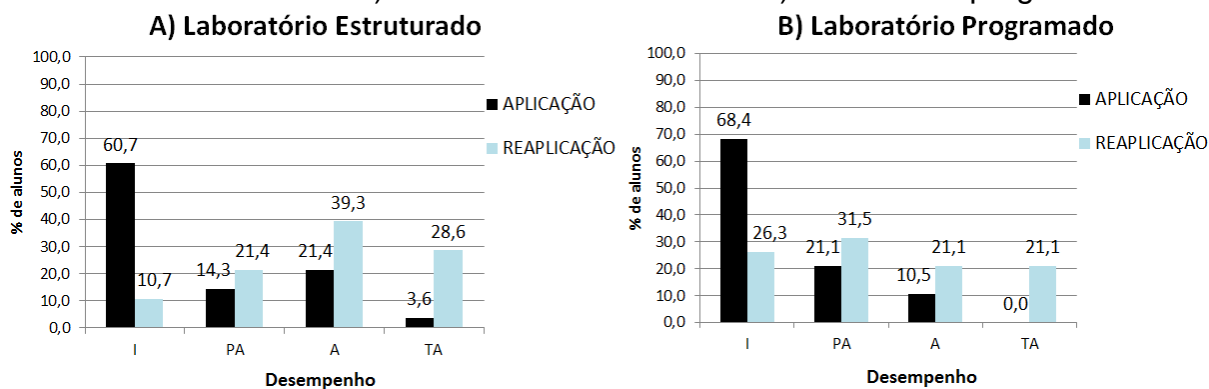
Questão: **Calcule as áreas das seguintes figuras, em cm^2 :**

Figura 4 – Figuras geométricas: triângulo retângulo, retângulo e circunferência



Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 8 – Desempenho dos alunos na questão 8 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: área.

Exemplo de respostas:

Questão objetiva com 3 cálculos, então foi adotado o seguinte critério:

- 0 acertos: Inadequado;
- 1 acerto: parcialmente adequado;
- 2 acertos: adequado;
- 3 acertos: totalmente adequado.

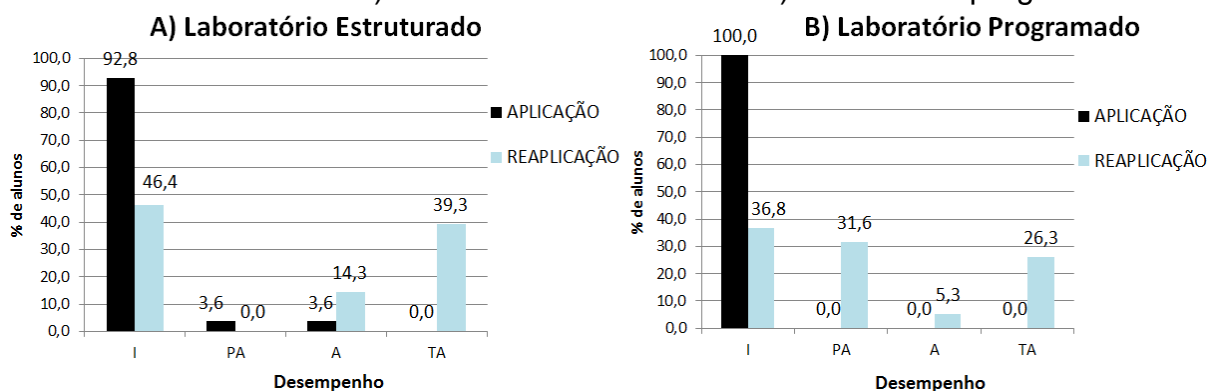
Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 25% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 8, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 67,9%, registrando um aumento de 42,9%. No laboratório programado, havia inicialmente 10,5% de alunos com desempenho satisfatório na questão 8, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 42,2%, registrando um aumento de 31,7%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do

conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 9

Questão: **Um homem utiliza um balão de gás, para verificar a pressão atmosférica, medindo-a através de um equipamento apropriado (conforme questão 6). O balão começa a subir, até alcançar uma altitude de 300 metros. O que ele observa nas medidas do referido equipamento enquanto o balão sobe? Explique.**

Gráfico 9 – Desempenho dos alunos na questão 9 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: pressão atmosférica, altitude, Teorema de Stevin.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “Como está a 300 metros, o balão explode”.

Parcialmente Adequado: “Ele observa que a pressão muda conforme sobe”.

Adequado: “Ele observa que a pressão diminui conforme sobe”.

Totalmente Adequado: “Uma pressão menor em relação ao solo, pela coluna de ar sobre o balão ser menor, por isso a pressão gerada é menor.

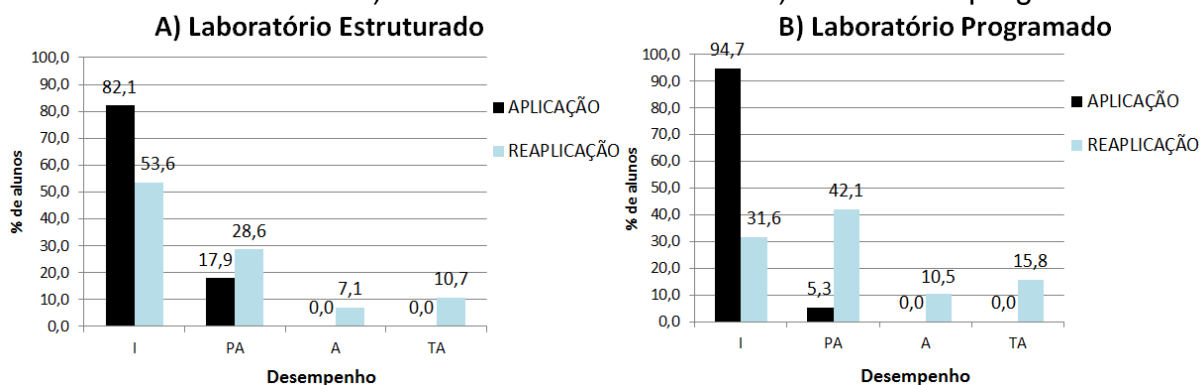
Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 3,6% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 9, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 53,6%, registrando um aumento de 50%. No laboratório programado, não havia inicialmente alunos com desempenho satisfatório na questão 9, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 31,6%, registrando um aumento de 31,6%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento

(índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 10

Questão: **Um homem utilizando equipamento de mergulho apropriado, com reserva de oxigênio, mergulha 20 metros de profundidade dentro da água. Para retornar à superfície, ele realizou o procedimento de subida de forma lenta e gradual. Justifique:**

Gráfico 10 – Desempenho dos alunos na questão 10 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: pressão hidrostática, Teorema de Stevin.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “Fazendo movimentos calmos e lentos, gastando menos energia, ele consome menos oxigênio”.

Parcialmente Adequado: “A mudança de pressão drástica é prejudicial ao mergulhador”.

Adequado: “A pressão do tanque diminui muito, e o pulmão explode”.

Totalmente Adequado: “Devido à menor pressão externa repentina, o ar no pulmão do mergulhador pode expandir e danificar o pulmão”.

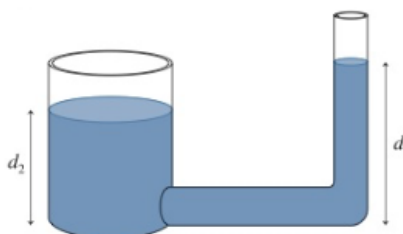
Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 10, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 17,8%, registrando um aumento de 17,8%. No laboratório programado, também não havia inicialmente alunos com desempenho satisfatório na questão 10, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 26,3%, registrando um aumento de 26,3%. Comparando ambos os métodos, os alunos do

laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 11

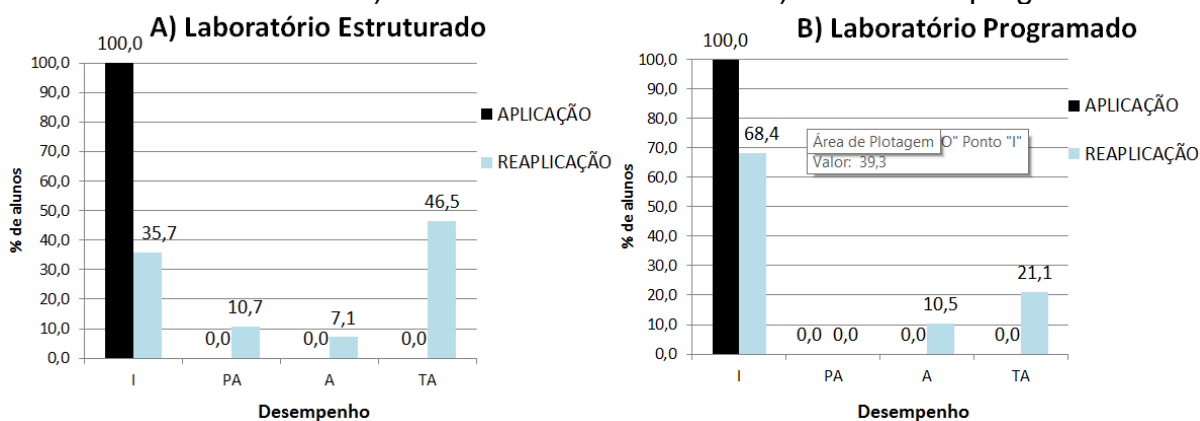
Questão: Na figura abaixo, há dois recipientes ligados por um cano em sua parte inferior. Se um líquido for posto no recipiente de maior raio, ele também irá para o de menor raio através do cano inferior que os conecta. Levando em conta o tamanho dos recipientes, analise as alturas d_1 e d_2 , justificando sua resposta.

Figura 5 – Vasos comunicantes



Fonte: Lisboa (2016)

Gráfico 11 – Desempenho dos alunos na questão 11 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Conceitos Envolvidos: massa específica, Teorema de Stevin, pressão atmosférica, vasos comunicantes, pressão hidrostática.

Exemplo de respostas:

Inadequado: "Ocorre pois o recipiente da esquerda é mais largo, então para equilibrar o mais fino é mais alto".

Parcialmente Adequado: “Pelo fato dos recipientes serem abertos, a pressão atmosférica está influenciando, o que causa a se equilibrar”.

Adequado: “O líquido deveria ter a mesma altura, a não ser que um dos lados estivesse fechado.”

Totalmente Adequado: “A imagem está incorreta, por que se tem pressão da atmosfera nos dois lados, a altura da água tem que ser igual para ser a mesma pressão”.

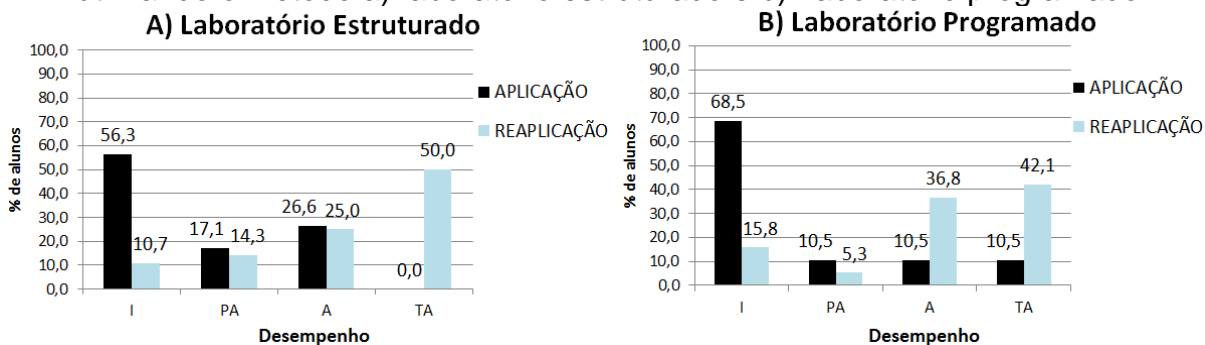
Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 11, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 53,6%, registrando um aumento de 53,6%. No laboratório programado, também não havia inicialmente alunos com desempenho satisfatório na questão 11, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 31,6%, registrando um aumento de 31,6%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 12

Questão: **Marque V ou F: Na figura 5 do exercício anterior, a imagem poderia ser correta se houvessem líquidos imiscíveis e diferentes em cada ramo, e:**

- () O líquido do recipiente mais largo tivesse maior massa específica.
- () O líquido do recipiente mais estreito tivesse maior massa específica.
- () O recipiente mais largo estivesse fechado em seu ponto mais alto.
- () Ambos os recipientes estivessem fechados em seu ponto mais alto.

Gráfico 12 – Desempenho dos alunos na questão 12 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: massa específica, Teorema de Stevin, pressão atmosférica, vasos comunicantes, pressão hidrostática.

Exemplo de respostas:

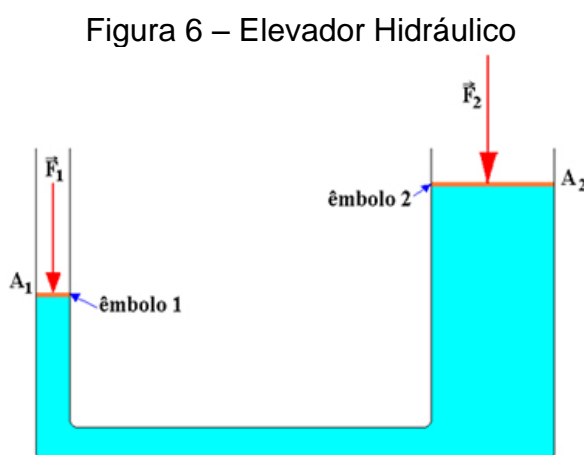
Questão objetiva, então foi adotado o seguinte critério:

- 0 acerto: inadequado;
- 1 acerto: parcialmente adequado;
- 2 acertos: parcialmente adequado;
- 3 acertos: adequado;
- 4 acertos: totalmente adequado.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 26,6% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 12, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 75%, registrando um aumento de 48,4%. No laboratório programado, inicialmente havia 21% de alunos com desempenho satisfatório na questão 12, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 78,9%, registrando um aumento de 57,9%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 13

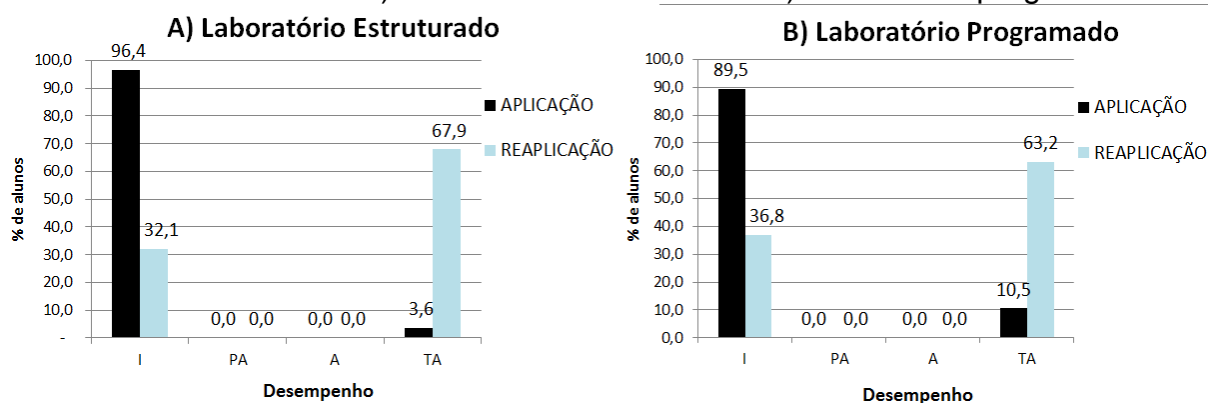
Questão: **Em um elevador hidráulico conforme figura 6, uma determinada força (\vec{F}_1) é aplicada em um êmbolo (1) de menor área, movimentando outro êmbolo maior (2) na outra extremidade. A força no êmbolo 2 é:**



Fonte: Silva (2019)

- A) Maior que \vec{F}_1 .
 B) Igual à \vec{F}_1 .
 C) Menor que \vec{F}_1 .
 D) Depende da altura de líquido nos ramos (êmbolos).
 E) Depende da massa específica do líquido.

Gráfico 13 – Desempenho dos alunos na questão 13 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: massa específica, Teorema de Stevin, pressão atmosférica, vasos comunicantes, pressão hidrostática.

Exemplo de respostas:

Questão objetiva de uma única alternativa e pergunta. Logo, um acerto significa totalmente adequado, e um erro, inadequado.

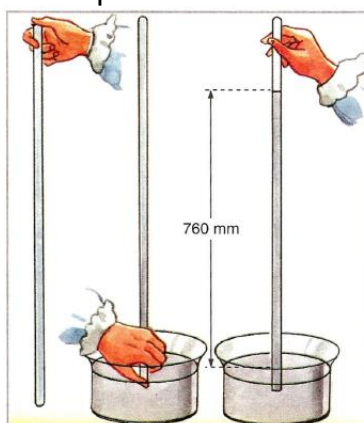
Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 3,6% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 13, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 67,9%, registrando um aumento de 64,3%. No laboratório programado, inicialmente havia 10,5% de alunos com desempenho satisfatório na questão 13, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 63,2%, registrando um aumento de 52,7%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório estruturado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório estruturado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 14

Questão: **Complete as lacunas usando os termos MAIOR, MENOR ou IGUAL:**

Em um planeta distante e de mesma aceleração gravitacional que a Terra, realizou-se um experimento idêntico ao realizado por Torricelli, conforme mostra a figura 7.

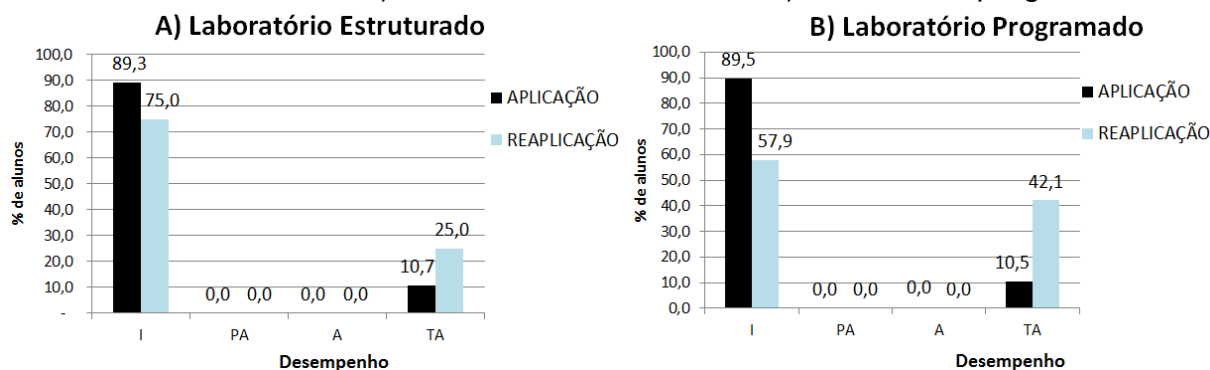
Figura 7 – O experimento de Torricelli



Fonte: Bonjorno; Clinton (1999, p.250)

No entanto, a coluna de mercúrio neste experimento marcou 1000 mm de Hg. Isso ocorre, pois a pressão atmosférica do local é diferente que a da Terra. A pressão dentro do tubo com mercúrio tende a ser _____ à pressão fora do tubo de mercúrio. Como a altura da coluna de mercúrio na Terra é 760 mmHg, conclui-se que a pressão atmosférica do outro planeta é _____ que a da Terra.

Gráfico 14 – Desempenho dos alunos na questão 14 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: pressão hidrostática, pressão atmosférica.

Exemplo de respostas:

Questão objetiva com apenas duas repostas. Como o conceito das duas repostas é exatamente o mesmo, foi adotado o seguinte critério:

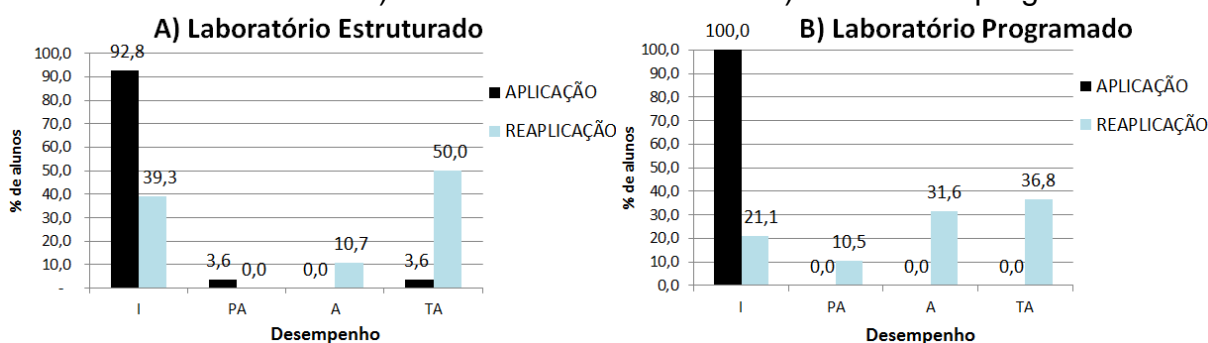
- 0 acerto: inadequado;
- 1 acerto: inadequado;
- 2 acertos: totalmente adequado.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 10,7% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 14, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 25%, registrando um aumento de 14,3%. No laboratório programado, inicialmente havia 10,5% de alunos com desempenho satisfatório na questão 14, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 42,1%, registrando um aumento de 31,6%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 15

Questão 15: **Quando estamos na piscina, aparentemente ficamos mais leves. O nosso PESO APARENTE muda. Qual é a razão para isso ocorrer?**

Gráfico 15 – Desempenho dos alunos na questão 15 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: empuxo.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “A água nos faz boiar, o que nos faz parecer mais leve”.

Parcialmente Adequado: “É a pressão da água que nos empurra pra cima”.

Adequado: “O empuxo gerado é o que nos faz parecer mais leves”.

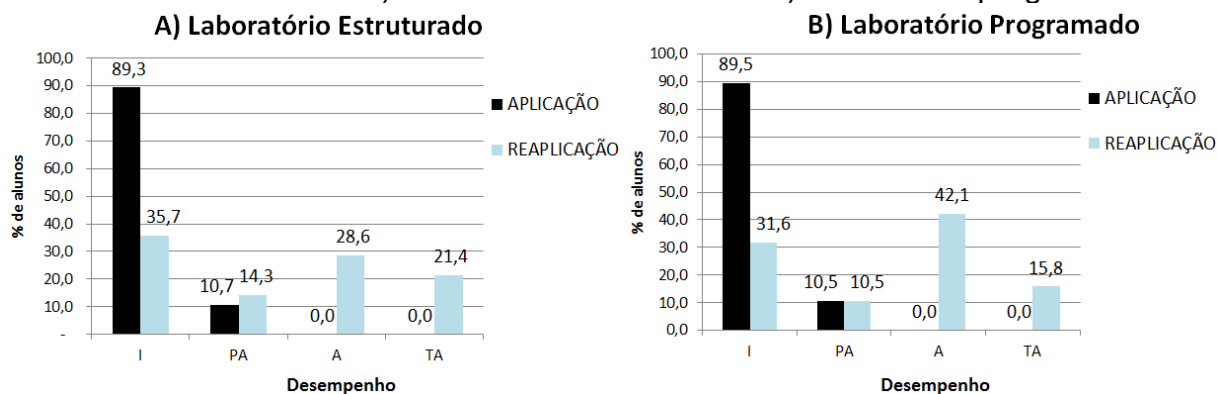
Totalmente Adequado: “Por conta do empuxo, uma força na qual nos impulsiona para cima, força contrária ao peso”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente havia 3,6% dos alunos com desempenho satisfatório na questão 15, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 60,7%, registrando um aumento de 57,1%. No laboratório programado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 15, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 68,4%, registrando um aumento de 68,4%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

QUESTÃO 16

Questão: **Explique por que um barco de várias toneladas flutua naturalmente, enquanto um saco de um quilograma de feijão, se solto na água, afunda.**

Gráfico 16 – Desempenho dos alunos na questão 16 do questionário aplicado utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Conceitos Envolvidos: volume, peso, empuxo.

Exemplo de respostas:

Inadequado: “O barco é criado para isso. Logo, tem dispositivos que o fazem flutuar. Já o feijão não”.

Parcialmente Adequado: “Pois o barco tem um compartimento vazio que faz o navio flutuar”.

Adequado: “O Barco desloca muito mais volume que o saco de feijão, e isso é devido ao ar que ele possui dentro dele, que o torna volumoso, sem ganhar peso”.

Totalmente Adequado: “Pois o empuxo é proporcional ao volume deslocado. Como o barco desloca muito volume, gera empuxo para fazer frente ao peso, já o saco de feijão não”.

Comentário: No laboratório estruturado, inicialmente não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 15, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 50%, registrando um aumento de 50%. No laboratório programado, inicialmente também não havia alunos com desempenho satisfatório na questão 15, e na reaplicação dos questionários, esse número foi de 57,9%, registrando um aumento de 57,9%. Comparando ambos os métodos, os alunos do laboratório programado tiveram um desempenho melhor, e também a evolução do conhecimento (índice de melhora entre a primeira e segunda aplicação) do laboratório programado foi mais eficiente nessa questão.

4.2.1.1.1 Análise geral das questões

Foi possível verificar que o desempenho dos alunos da turma 203 – laboratório estruturado, foi melhor que o desempenho do outro método/turma. E não só o desempenho, mas também a eficácia, ou seja, o percentual de melhora dos resultados em relação à aplicação do questionário inicial, que determina a evolução do conhecimento. Apesar de, em ambos os índices (desempenho e eficácia), o laboratório estruturado ter indicadores favoráveis, é importante frisar que os resultados são próximos, principalmente no desempenho, o que condiz com o estudo conduzido por Moreira e Levandowski (1983) em pesquisa semelhante.

Pode-se observar esses dados lado a lado no quadro 1, apresentado abaixo, onde destaca-se em negrito os melhores índices em cada indicador:

Quadro 1 – Quadro geral de desempenho e eficácia dos laboratórios estruturado e programado nos questionários

QUESTÃO	DESEMPENHO		EFICÁCIA	
	203 ESTRUTURADO	201 PROGRAMADO	203 ESTRUTURADO	201 PROGRAMADO
1	42,9%	63,2%	17,9%	15,8%
2	50,0%	36,8%	35,7%	21,0%
3	71,5%	73,7%	67,9%	68,4%
4	71,4%	52,7%	64,2%	-0,1%
5	54,3%	63,2%	50,7%	63,2%
6	67,8%	57,9%	67,8%	57,9%
7	60,7%	52,7%	60,7%	52,7%
8	67,9%	42,2%	42,9%	31,7%
9	53,6%	31,6%	50,0%	31,6%
10	17,8%	26,3%	17,8%	26,3%
11	53,6%	31,6%	53,6%	31,6%
12	75,0%	78,9%	48,4%	57,9%
13	67,9%	63,2%	54,3%	52,7%
14	25,0%	42,1%	14,3%	31,6%
15	60,7%	68,4%	57,1%	68,4%
16	50,0%	57,9%	50,0%	57,9%
MÉDIA	55,6%	52,7%	47,1%	41,8%

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme Moreira e Levandowski decorrem em sua obra Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983), o laboratório programado está erroneamente associado a uma receita pronta. Se bem aplicado, conforme estudos conduzidos em 1971 e apresentados nessa mesma obra, o laboratório programado é eficaz para turmas maiores, em que o laboratório estruturado tomaria tempo em demasia, impossibilitando a prática. A semelhança entre os resultados apresentados pela referência acima citada e os obtidos através desta pesquisa é evidente, na qual também se percebeu a dificuldade na questão de controle do tempo na turma de laboratório programado. Ainda nesta obra, é relatado que o laboratório estruturado, quando bem elaborado, traz resultados melhores que o programado.

A seguir, é apresentada a análise das questões agrupadas por conceitos físicos, possibilitando uma análise mais detalhada das potencialidades e dificuldades de cada turma e método.

4.2.1.2 Análise do Agrupamento de Questões por Conceito

As questões foram agrupadas de acordo com o conceito que elas trabalham e o percentual de acertos (conceitos adequado e totalmente adequado) foi somado, para realizar a média ponderada de todas as questões envolvendo aquele conceito.

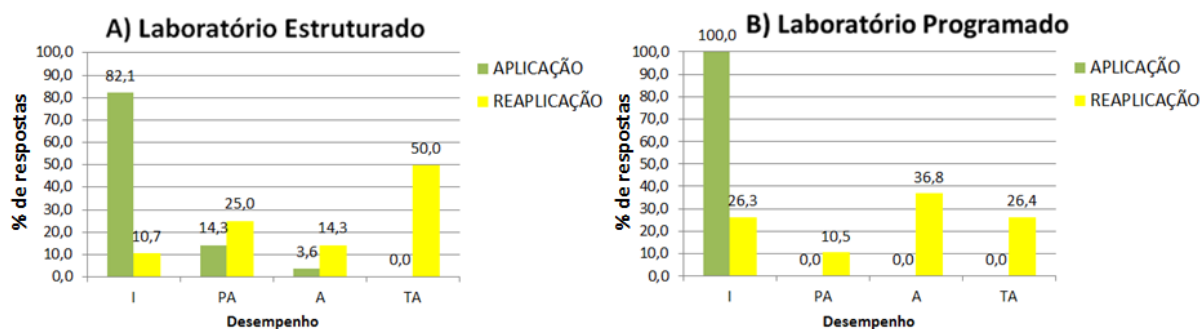
Logo, questões que trabalham mais de um conceito, aparecem mais vezes. Foi considerada uma aprendizagem significativa aquela em que conceitos obtiveram 50% ou mais de respostas satisfatórias. Abaixo, são apresentados os gráficos, lado a lado, da turma 203 (laboratório estruturado) e 201 (laboratório programado), respectivamente.

A partir destes gráficos, a intenção era construir o mapa conceitual dos alunos pré e pós-aulas, permitindo avaliar em quais conceitos houve aprendizagem significativa, e em quais não. Porém, é importante frisar que não foi construído o mapa conceitual pré-aulas para nenhuma das duas turmas, visto que, em nenhum conceito da primeira aplicação do questionário obteve-se 50% ou mais de desempenho satisfatório.

CONCEITO 1 – FLUIDO

Questões envolvidas: 5.

Gráfico 17 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “fluido” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

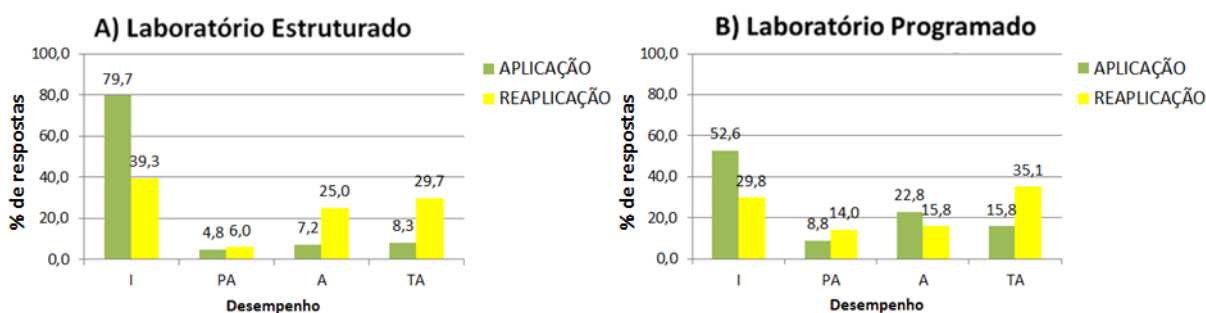
Comentário: Avaliando apenas a questão 5 e suas médias para o conceito “fluido”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 64,3% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 63,2% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 3,6% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 60,7%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário nenhuma resposta satisfatória, registrando então uma melhora de 63,2%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50%

de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 2 – MASSA

Questões envolvidas: 1, 2 e 4.

Gráfico 18 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “massa” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



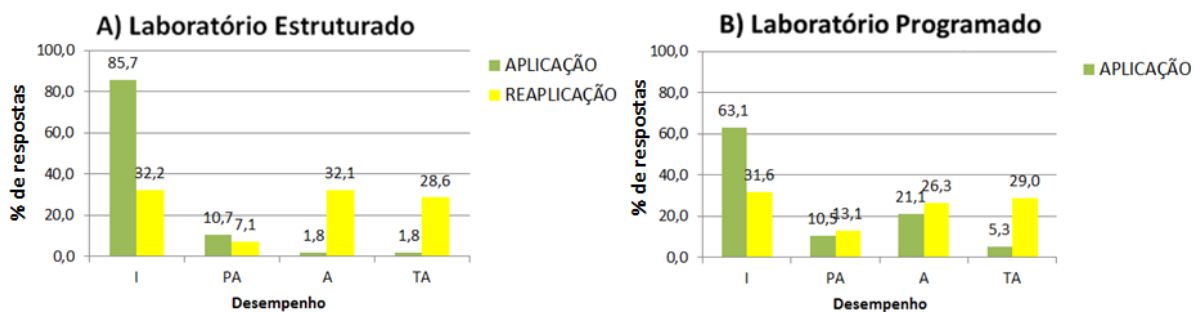
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 1, 2 e 4 e suas médias para o conceito “massa”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 54,7% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 50,9% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 15,5% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 39,2%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 38,6% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 12,3%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 3 – VOLUME

Questões envolvidas: 4 e 16.

Gráfico 19 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “volume” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



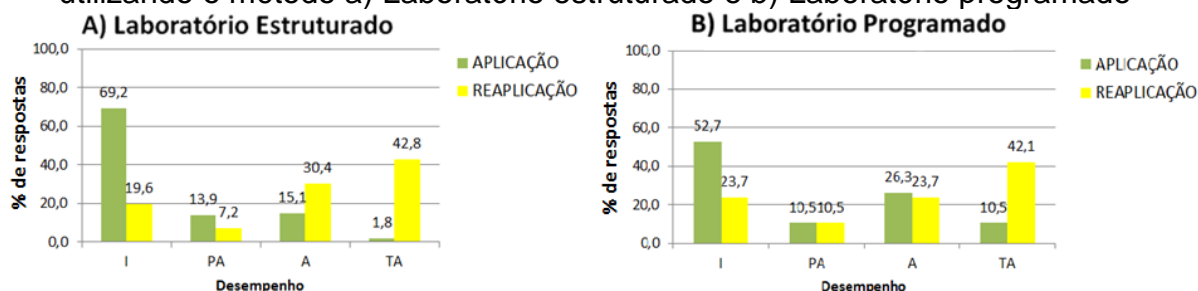
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 4 e 16, e suas médias para o conceito “volume”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 60,7% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 55,3% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 3,6% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 57,1%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 26,4% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 28,9%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 4 – MASSA ESPECÍFICA

Questões envolvidas: 4 e 12.

Gráfico 20 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “massa específica” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



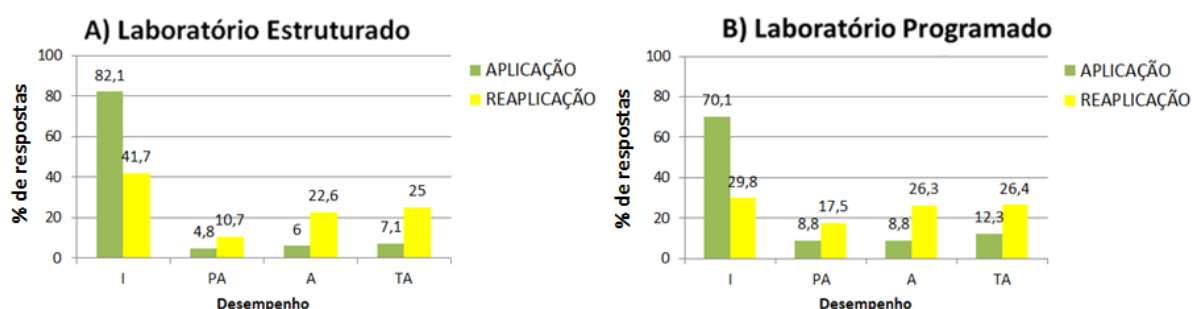
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 4 e 12, e suas médias para o conceito “massa específica”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 73,2% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 65,8% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 16,9% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 56,3%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 36,7% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 29,1%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 5 – PESO

Questões envolvidas: 1, 2 e 16.

Gráfico 21 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “peso” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



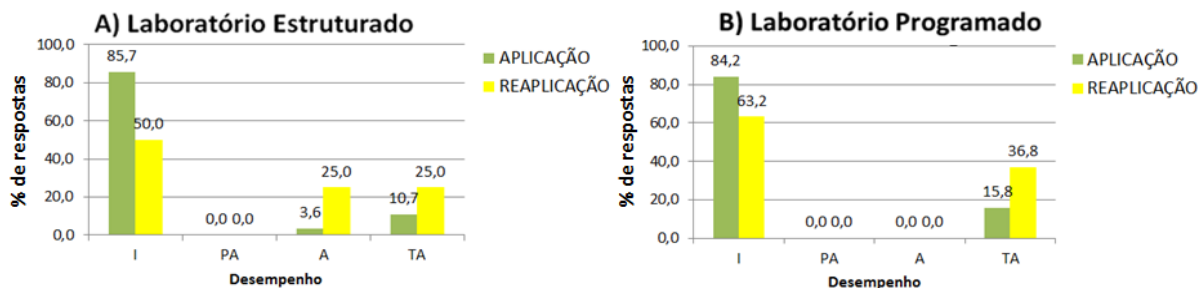
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 1, 2 e 16, e suas médias para o conceito “peso”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 47,6% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 52,7% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 13,1% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 34,5%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 21,1% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 31,6%. Somente a turma 201 – laboratório programado obteve mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 6 – GRAVIDADE

Questões envolvidas: 2.

Gráfico 22 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “gravidade” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



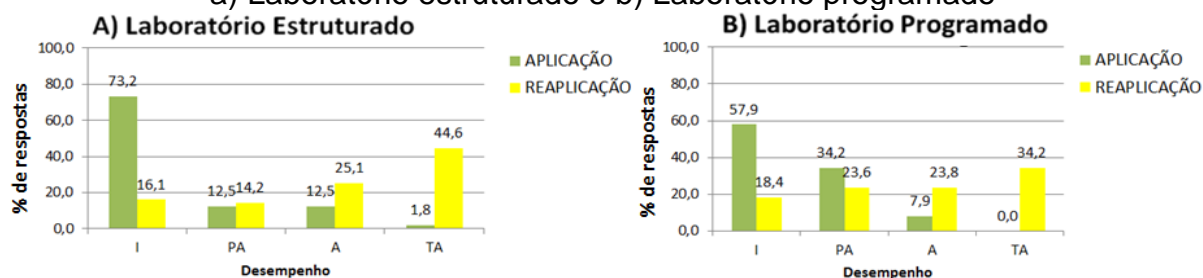
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas a questão 2 e sua média para o conceito “gravidade”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 50,0% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 36,8% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 14,3% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 35,7%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 15,8% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 21,0%. Somente a turma 203 – laboratório estruturado obteve 50% ou mais de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 7 – ÁREA

Questões envolvidas: 3 e 8.

Gráfico 23 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “área” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



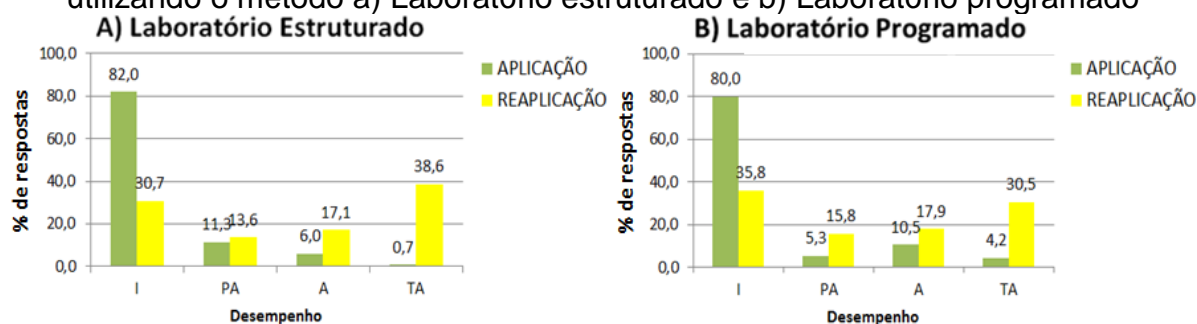
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 3 e 8 e sua média para o conceito “área”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 69,7% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 58,0% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 14,3% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 55,4%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 7,9% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 50,1%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 8 – PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Questões envolvidas: 4, 7, 10, 11 E 12.

Gráfico 24 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “pressão hidrostática” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

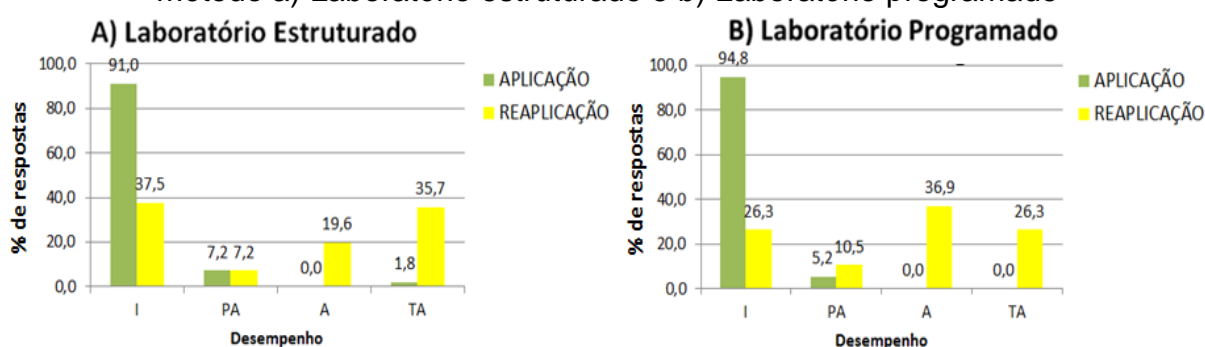
Comentário: Avaliando apenas as questões 4, 7, 10, 11 e 12, e sua média para o conceito “pressão hidrostática”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 55,7% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 47,4% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 6,7% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 49,0%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 14,7% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 32,7%. Somente a turma 203 – laboratório estruturado obteve 50% ou mais de desempenho satisfatório nas

respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 9 – EMPUXO

Questões envolvidas: 15 e 16.

Gráfico 25 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “empuxo” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



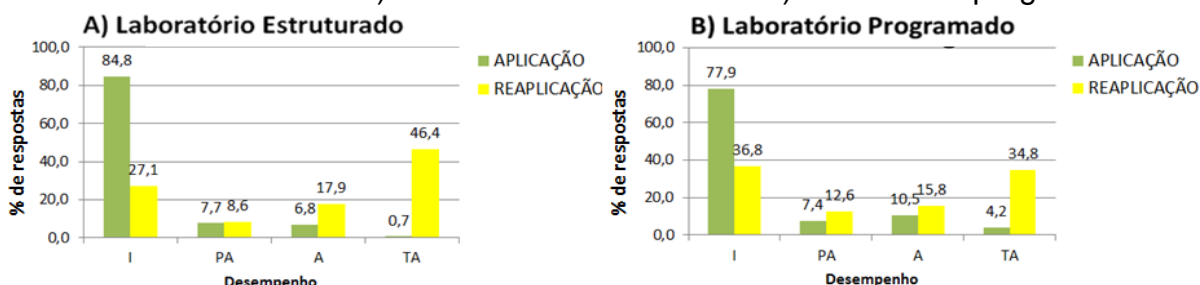
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 15 e 16, e sua média para o conceito “empuxo”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 55,3% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 63,2% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 1,8% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 53,5%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário nenhuma resposta satisfatória, registrando então uma melhora de 63,2%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 10 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Questões envolvidas: 4, 6, 9, 11 e 12.

Gráfico 26 – Gráfico das respostas envolvendo o conceito “pressão atmosférica” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



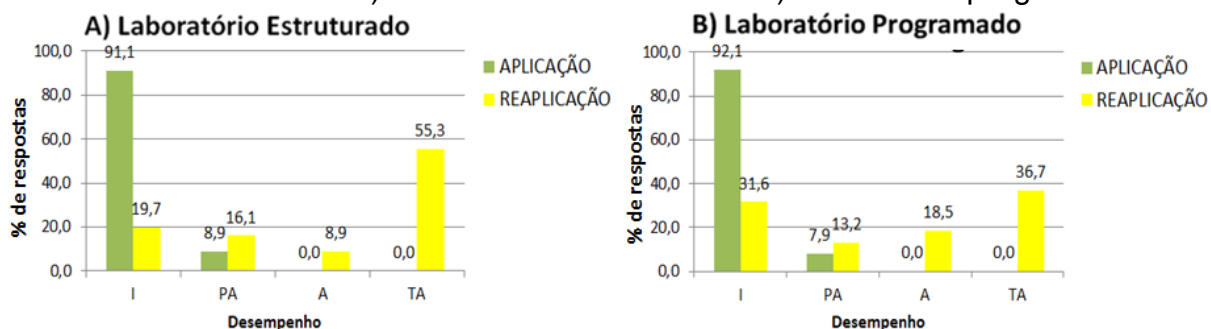
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 4, 6, 9, 11 e 12, e sua média para o conceito “pressão atmosférica”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 64,3% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 50,6% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 7,5% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 56,8%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 14,7% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 35,9%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 11 – INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Questões envolvidas: 6 e 7.

Gráfico 27 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “instrumentos de medição” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



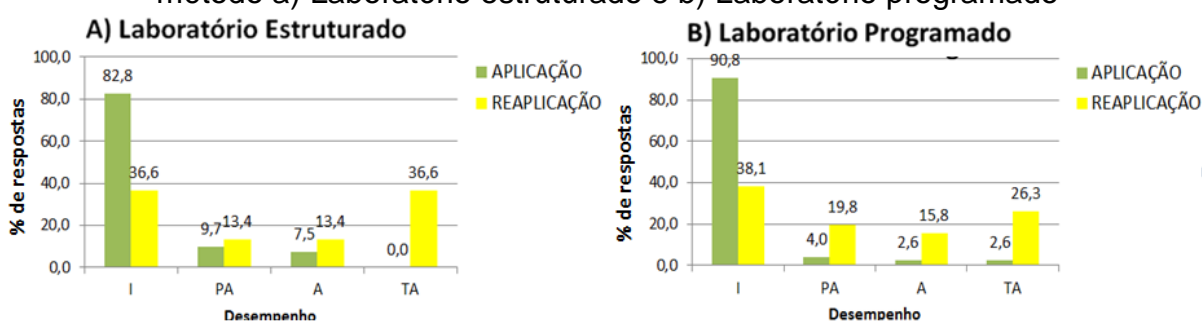
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 6 e 7, e sua média para o conceito “instrumentos de medição”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 64,2% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 55,2% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário nenhuma resposta satisfatória, registrando, portanto, uma melhora de 64,2%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário também nenhuma resposta satisfatória, registrando então uma melhora de 55,2%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 12 – LEI DE STEVIN

Questões envolvidas: 9, 10, 11 e 12.

Gráfico 28 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “lei de Stevin” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

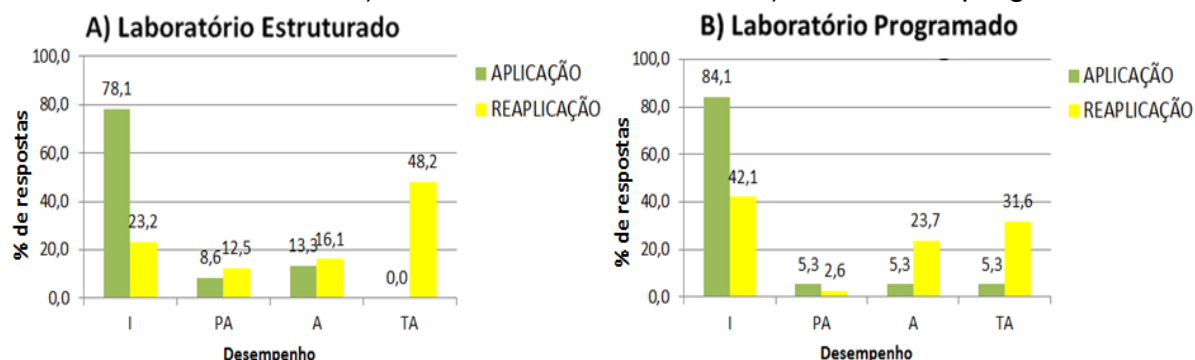
Comentário: Avaliando apenas as questões 9, 10, 11 e 12, e sua média para o conceito “lei de Stevin”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 50,0% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 42,1% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 7,5% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 42,5%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 5,2% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 36,9%. Somente a turma 203 – laboratório estruturado obteve 50% ou mais de desempenho satisfatório nas

respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 13 – VASOS COMUNICANTES

Questões envolvidas: 11 e 12.

Gráfico 29 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “vasos comunicantes” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



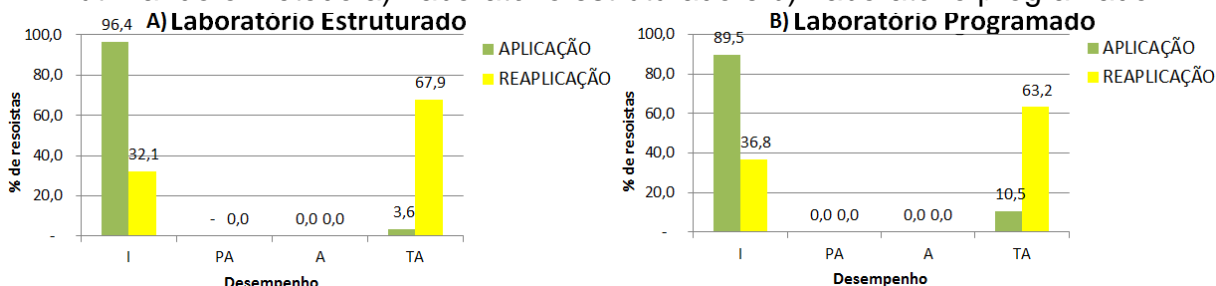
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas as questões 11 e 12, e sua média para o conceito “vasos comunicantes”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 64,3% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 55,3% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 13,3% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 51,0%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 10,6% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 44,7%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 14 – TEOREMA DE PASCAL

Questões envolvidas: 13

Gráfico 30 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “teorema de Pascal” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



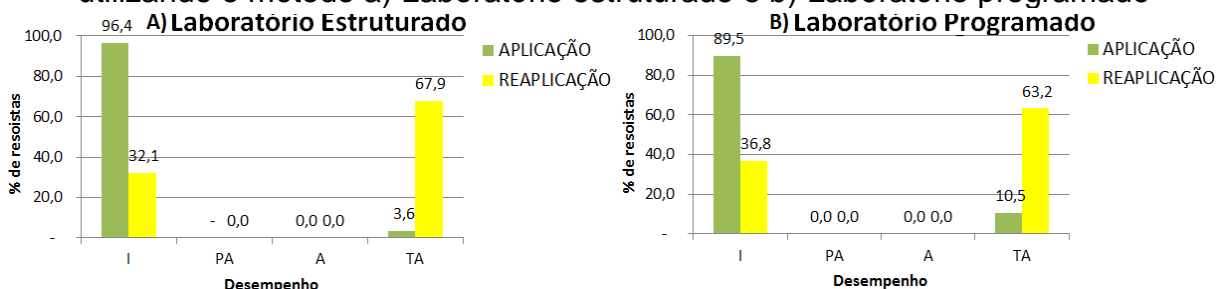
Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas a questão 13, e sua média para o conceito “teorema de Pascal”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 67,9% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 63,2% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 3,6% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 64,3%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 10,5% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 52,7%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

CONCEITO 15 – PRENSA HIDRÁULICA

Questões envolvidas: 13

Gráfico 31 – Gráfico das questões envolvendo o conceito “prensa hidráulica” utilizando o método a) Laboratório estruturado e b) Laboratório programado



Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário: Avaliando apenas a questão 13, e sua média para o conceito “prensa hidráulica”, verificou-se que o laboratório estruturado teve um desempenho final de 67,9% satisfatório (conceitos adequado e totalmente adequado), enquanto o laboratório programado obteve 63,2% de desempenho satisfatório. Analisando a eficácia dos métodos, ou seja, a melhoria em relação ao desempenho inicial, o laboratório estruturado obteve no primeiro questionário 3,6% de respostas satisfatórias, registrando, portanto, uma melhora de 64,3%, enquanto o laboratório programado obteve no primeiro questionário 10,5% de respostas satisfatórias, registrando então uma melhora de 52,7%. Ambas as turmas obtiveram mais de 50% de desempenho satisfatório nas respostas, demonstrando, então, uma aprendizagem significativa do conceito abordado.

Abaixo, segue um quadro comparativo (quadro 2) das questões por conceito para melhor comparar o desempenho e a eficácia de ambas as metodologias. Os melhores índices de cada indicador estão destacados em negrito.

Quadro 2 - Quadro de desempenho e eficácia dos laboratórios estruturado e programado nas questões do questionários agrupadas por conceito trabalhado

CONCEITO	DESEMPENHO		EFICÁCIA	
	203 ESTRUTURADO	201 PROGRAMADO	203 ESTRUTURADO	201 PROGRAMADO
FLUIDO	64,30%	63,20%	60,70%	63,20%
MASSA	54,70%	50,90%	39,20%	38,60%
VOLUME	60,70%	55,30%	57,10%	28,90%
MASSA ESPECÍFICA	73,20%	65,80%	53,60%	29,10%
PESO	47,60%	52,70%	34,50%	31,60%
GRAVIDADE	50,00%	36,80%	35,70%	21,00%
ÁREA	69,70%	58,00%	55,40%	50,10%
PRESSÃO HIDROSTÁTICA	55,70%	47,40%	49,00%	32,70%
EMPUXO	55,30%	63,20%	53,50%	63,20%
PRESSÃO ATMOSFÉRICA	64,30%	50,60%	56,80%	35,90%
MEDIÇÃO	64,20%	55,20%	64,20%	55,20%
TEOREMA DE STEVIN	50,00%	42,10%	42,50%	36,90%
VASOS COMUNICANTES	64,30%	55,30%	51,00%	44,70%
PRINCÍPIO DE PASCAL	67,90%	63,20%	64,30%	52,70%
PRENSA HIDRÁULICA	67,90%	63,20%	64,30%	52,70%
MÉDIA	60,65%	54,86%	52,12%	42,43%

Fonte: Elaborado pelo autor

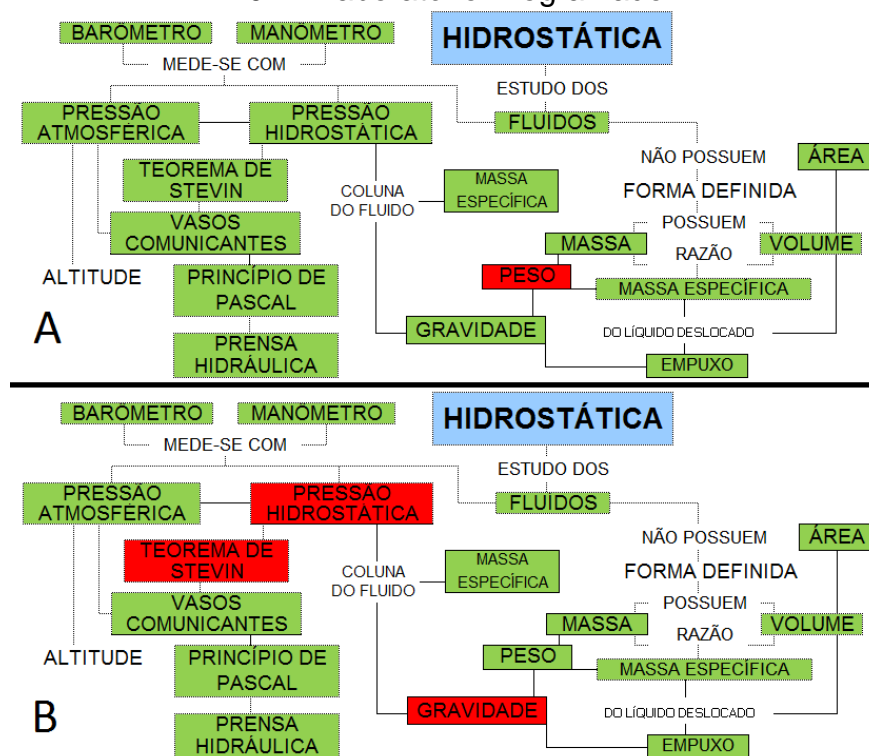
Na análise realizada separando as questões por conceitos, a diferença entre o laboratório estruturado e o laboratório programado foi maior, chegando a 5,79% de diferença no desempenho, e 9,69% de diferença na eficácia. Ou seja, os alunos do laboratório estruturado de fato evoluíram mais, e concluíram as aulas desta unidade didática com os conceitos melhor estabelecidos que os alunos do laboratório programado, demonstrando uma aprendizagem significativa maior em ambos os

indicadores, o que também pode ser visto nos mapas conceituais de cada turma construídos e apresentados a seguir.

4.2.1.3 Construção dos Mapas Conceituais Finais

De acordo com os parâmetros adotados na análise dos questionários, verificou-se que na turma 203 (laboratório estruturado) não houve um aprendizado significativo em apenas um conceito (peso). Já na turma 201, observou-se que em relação aos conceitos do teorema de Stevin, pressão hidrostática e gravidade não houve aprendizado significativo.

Figura 29 – Mapa conceitual final das turmas A) 203 – Laboratório Estruturado e B) 201 – Laboratório Programado



Fonte: Elaborada pelo autor

Os conceitos em verde, são os conceitos para os quais os alunos apresentaram aprendizagem significativa, já os em vermelho, são conceitos que necessitam de retomada de conteúdo. Observando, portanto, a média ponderada de acertos de cada turma por questão apresentada anteriormente, a turma de laboratório estruturado obteve um pequeno, mas ainda assim, melhor desempenho. Um resultado semelhante foi observado na análise realizada separando as questões por conceitos, bem como comparando os mapas conceituais. Neste caso, há maior

necessidade de recuperação de conceitos na turma de laboratório programado. Adiante, ver-se-á a relação entre o que o mapa conceitual mostra, com o desempenho dos alunos nas provas, tornando notório que um mapa conceitual bem elaborado evidencia possíveis dificuldades a serem corrigidas em determinada turma.

O resultado identificado nos mapas conceituais vai ao encontro ao que Lopes (2004) diz, quando comenta que a principal tarefa da didática da Física é o estudo da evolução conceitual, que passa pelo estudo das ideias dos alunos e o seu desenvolvimento, fazendo com que se aproximem progressivamente do conceito correto da Física. Foi justamente o que a pesquisa evidenciou, em que o mapa conceitual pôde indicar em qual turma e mediante qual método houve uma melhor aprendizagem, ou seja, de fato, o mapa conceitual é uma ferramenta poderosa para trazer à tona tal avaliação. Da mesma forma, os resultados do presente trabalho convergem com as ideias de Vygotsky, Luria e Leontiev (2010), que afirmam que é justamente pela mediação de um professor que novas capacidades cognitivas são alcançadas. Neste prisma, o laboratório estruturado, método que implica numa maior intervenção do professor, certamente conduz o aluno de maneira mais direta ao conhecimento.

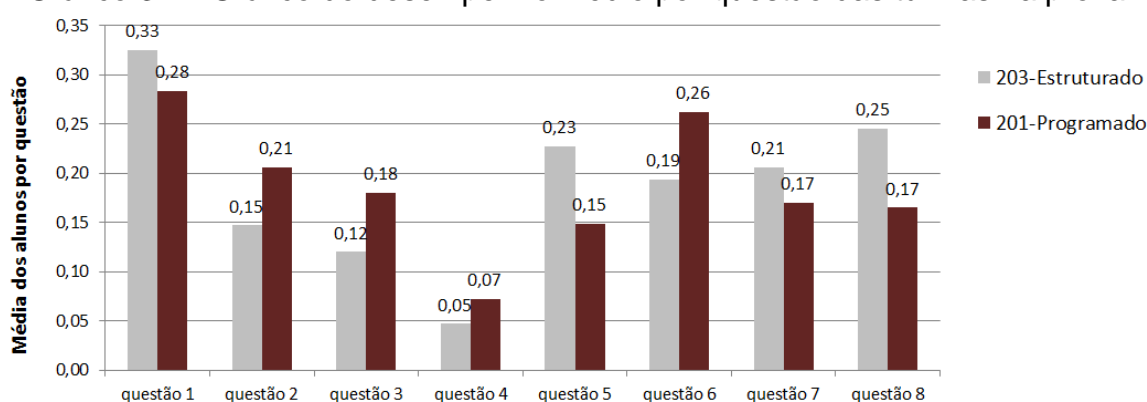
4.2.2 Análise do Resultado das Provas

Na seção seguinte serão analisadas as provas realizadas pelos alunos. Primeiramente, foi verificado o desempenho médio em cada questão, e então a média geral de cada turma na prova. Posteriormente, foi feita uma análise dividindo a prova em questões objetivas e dissertativas. O desempenho de cada turma foi verificado individualmente, para poder avaliar a eficácia de cada método, em cada tipo de questão, e os gráficos comparam os dois métodos lado a lado. Importante ressaltar que a segunda aplicação do questionário, que valeu uma pontuação extra de 0,6 pontos para a prova, não aparece nas estatísticas da prova, pois ele foi avaliado à parte nesta pesquisa, no capítulo anterior.

4.2.2.1 Análise dos Resultados da Prova por Questão

Foram verificados, analisados e discutidos abaixo os desempenhos dos alunos na prova de hidrostática, questão por questão. O gráfico 32 apresenta todas as questões e o desempenho médio de cada turma em cada questão. Cada questão valeu um total máximo de 0,375 pontos na nota, totalizando com as oito questões, portanto, os três pontos da prova. Por fim, um novo gráfico (gráfico 33) avalia a média geral das turmas na prova. É importante ressaltar que nos dados abaixo usou-se arredondamento para duas casas decimais.

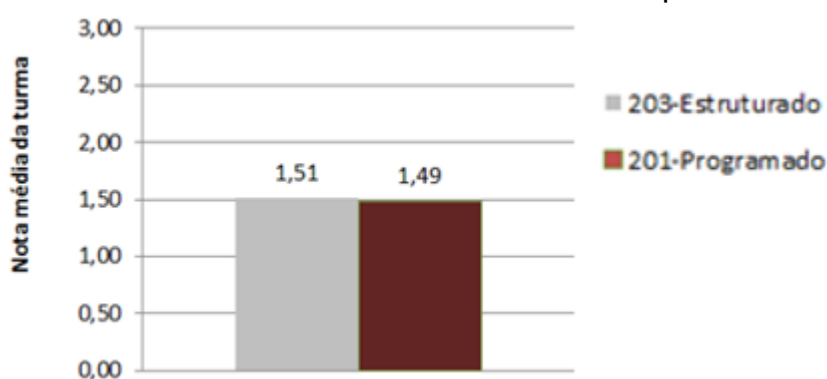
Gráfico 32 – Gráfico do desempenho médio por questão das turmas na prova



Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que, assim como nas avaliações do questionário, houve um equilíbrio entre os desempenhos na prova. Analisando o número de questões com melhor desempenho, em cada método, houve um empate, visto que cada turma obteve um desempenho melhor em 4 questões. Esse equilíbrio na prova assemelha-se mais do que o questionário ao trabalho de Moreira e Levandowski (1983), em que a diferença entre os laboratórios foi pequena.

Gráfico 33 – Nota média das turmas na prova

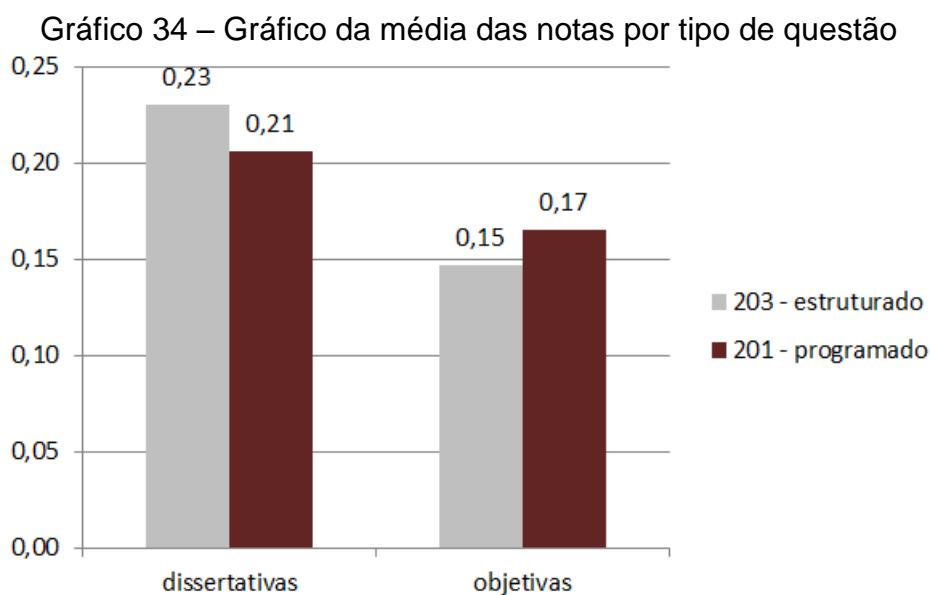


Fonte: Elaborado pelo autor

Fica nítido observando o gráfico 33 que o desempenho das duas turmas na prova foi muito semelhante. Tratando o desempenho de ambas as turmas como praticamente igual na prova, pode-se observar que a nota média se situa em torno dos 50% de acertos, o que não é um desempenho exatamente ruim, porém também não alcança uma expectativa de pelo menos 60% de acerto, correspondente à média para aprovação. A média para aprovação só é alcançada quando é levado em conta o bônus do questionário. A influência de cada método de ensino no desempenho em questões objetivas (teóricas e quantitativas) ou dissertativas (teóricas), será abordada a seguir.

4.2.2.2 Análise dos Resultados da Prova por Questões Objetivas ou Dissertativas

Nesta seção, são avaliados os desempenhos da turma 203 (laboratório estruturado) e 201 (laboratório programado) por dois grupos de questões. As questões 1, 2, 7 e 8 da prova eram dissertativas, ou seja, questões que envolviam conceitos em que o aluno deveria discorrer, exigindo, portanto, um conhecimento teórico mais profundo. Já as questões 3, 4, 5 e 6 constituíam questões mais diretas, com cálculos, ou alternativas a serem escolhidas ou preenchidas, não exigindo a apresentação e discussão dos conceitos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi possível verificar através do gráfico 34 que, ao contrário do que o autor havia constatado de maneira empírica mediante os diálogos em aula, onde a turma

201 (laboratório programado) apresentou maior desenvoltura nas discussões sobre a parte teórica dos fenômenos, nas provas ela teve um desempenho inferior nas questões dissertativas, inesperadamente obtendo um desempenho superior nas questões objetivas. No entanto, esta diferença é mínima no comparativo entre os métodos.

5 CONCLUSÕES

Ao final da aplicação da presente pesquisa, ficou claro que houve diferença na aprendizagem significativa das turmas de Física do Ensino Médio utilizando diferentes métodos de ensino: laboratório estruturado e programado. Os dados mostram que o laboratório estruturado levou vantagem em praticamente todas as análises realizadas: desempenho e eficácia no questionário e desempenho nas provas, ainda que neste último quesito a diferença tenha sido desprezível entre um método e outro.

A avaliação conceitual através de questionários se mostrou valiosa, à medida que se pôde observar de forma mais específica como o conhecimento de cada turma se desenvolvia. Se houvesse apenas a avaliação através da prova, os desempenhos seriam entendidos como semelhantes; já analisando a construção do mapa conceitual, verificou-se exatamente quais conceitos deveriam ser retomados em cada turma. Inclusive, o desempenho geral no questionário acompanhou o quadro de construção dos mapas conceituais com sucesso, onde a turma com menor desempenho (201 – laboratório programado) atingiu um menor número de conceitos com aprendizagem significativa. Isso também se refletiu na prova, onde, ainda que a diferença tenha sido muito pequena, o laboratório estruturado obteve vantagem. Vê-se, portanto, que a construção de mapas conceituais pode ser uma ferramenta poderosa na identificação de potencialidades e dificuldades das turmas.

As vantagens identificadas no método de laboratório estruturado foram a possibilidade de controlar melhor o tempo de aula, visto que os experimentos se dão com um enfoque demonstrativo em relação à teoria previamente apresentada sobre assunto, sendo então imediatamente compreendidos pelos alunos. No entanto, verificou-se menos interesse do aluno em relação à aula, sendo que muitos, devido à falta de uma participação mais ativa, ficavam facilmente distraídos. Esse método também exigiu menos reflexão por parte do aluno quanto ao tema explicado, pois o experimento já carregava consigo os conceitos recém explicados, não desenvolvendo tanto o senso crítico sobre o fenômeno estudado.

Já no laboratório programado, foi possível verificar que facilmente pode-se perder o controle do cronograma preparado para a aula, visto que, ainda que o conhecimento seja positivamente construído através de interações e deliberações dos alunos sobre o experimento recém visto, isso demanda maior tempo para essas

discussões em aula. Esse tempo maior, também pode ser fruto da falta de hábito, relatada inclusive pelos alunos, de ter que pensar sobre determinado assunto, uma vez que já estão acostumados a receber o conhecimento sempre de maneira pronta. Como os alunos estavam constantemente sendo encorajados a pensar sobre os experimentos e suas explicações, foi bastante claro que a concentração em relação à aula foi maior neste método.

Analisando o resultado das avaliações propostas, o fato do laboratório programado não ter refletido sua vantagem na parte conceitual da aprendizagem, observado através do desempenho nas provas e questionários, pode indicar a necessidade de maior tempo para aplicar tal método, pois em ambos os métodos foram utilizadas sete aulas para abordar o mesmo conteúdo e desenvolver a mesma unidade didática. Dito isto, pode-se avaliar que, em situações com maior disponibilidade de tempo, demanda imperativa desse tipo de método de ensino, os resultados de aquisição do conhecimento em questões mais conceituais podem se tornar mais efetivos.

Portanto, cada método pode ser utilizado para atingir determinados objetivos, de acordo com o perfil da turma e os assuntos a serem abordados. Cabe ao professor fazer a seleção do respectivo método, de acordo com seus propósitos, pois ambos, se bem utilizados, podem apresentar bons resultados em termos de aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BOCAFOLI, Francisco. **Exercícios de vestibulares com resoluções comentadas sobre densidade e pressão**. Disponível em <http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao>. Acesso em: 12 jan. 2019.

BONJORNO, Jose Roberto; CLINTON, Márcio Ramos. **Física Fundamental Volume Único**. São Paulo: Editora FTD, 1999.

BORGES, A. Tarciso. **Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro do Ensino da Física, 2002. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>. Acesso em 23 dez 2018.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

CASTRO, Jose V. B. J. **Volume do cilindro**. Disponível em <https://www.infoescola.com/matematica/volume-do-cilindro/>. Acesso em 12 jan. 2019.

COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. **O Papel da Experimentação no Ensino da Física**. Caderno brasileiro de ensino de Física, 2004. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9897>. Acesso em 23 dez 2018.

DE TUDO UM POUCO. **COMO FAZER UMA PRENSA HIDRÁULICA CASEIRA**. 2018 (4 min 10 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=if5unr4XqZo>. Acesso em 13 Jan. 2019.

ELARE COMERCIO ELETRÔNICO. **Cadeira Cromada 306 02 Unidades - Carraro - Couríssimo Branco**. Disponível em <https://www.elare.com.br/cadeira-0306-2-pecas-courissimo-branco>. Acesso em: 12 jan. 2019.

ESTUDA.COM. **Questões de Física – Mecânica: Hidrostática**. Disponível em <https://enem.estuda.com/questoes/?cat=10&subcat=2586>. Acesso em 13 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – BEBEDOURO DE PASSARINHO**. 2016 (2 min 35 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=flwMKf1WLIM>. Acesso em 12 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – LEI DE STEVIN: PRESSÃO HIDROSTÁTICA**. 2016 (1 min 53 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OsMI1LJrmFs>. Acesso em 12 jan. 2019.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. **TEMA 02 – HIDROSTÁTICA | EXPERIMENTOS – LEI DE STEVIN: VASOS COMUNICANTES**. 2016 (1 min 30 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=rKirlsdgCuE> . Acesso em 12 jan. 2019.

GASPAR, Alberto. **Física Brasil Volume Único**. São Paulo: Editora Ática, 2006.

GLOBO. **EDUCAÇÃO**. Disponível em: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2011/questoes/73.html>. Acesso em 13 jan. 2019.

GOUVEIA, Rosimar. **Área do círculo**. Encontrado em <https://www.todamateria.com.br/area-do-circulo/>. Disponível em 12 jan. 2019.

JÚNIOR, J. S. S. **Exercícios sobre lei de Stevin**. Disponível em: <https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-lei-stevin.htm>. Acesso em 12 jan, 2019.

JÚNIOR, J. S. S. **Exercícios sobre pressão em líquidos**. Disponível em: <https://exercicios-fisica/exercicios-sobre-pressao-liquidos.htm>. Acesso em 12 jan, 2019.

LABURU, Carlos Eduardo; ZOMPERO, Andreia; BARROS, Marcelo Alves. **Vygotsky e Múltiplas Representações: Leituras Convergentes Para o Ensino de Ciências**. Caderno Brasileiro do Ensino da Física, 2013. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p7>. Acesso em 23 dez 2018.

LABURU, Carlos Eduardo; CARVALHO, Marcelo de; BATISTA, Irinéia de Lourdes. **Controvérsias Construtivistas**. Caderno Brasileiro do Ensino da Física, 2001. Disponível em http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/quimica/controv_construivistast_laburu.pdf. Acesso em 23 dez 2018.

LISBOA, Ronai. **Hidrostática: O equilíbrio num campo de forças**. Disponível em <https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/IFC2-2016-1/A02/A5.html>

LOPES, J Bernardino. **Aprender a Ensinar Física**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2004.

MANUAL DO MUNDO. **FAÇA EM CASA UM PAC-MAN HIDRÁULICO!** 2018 (10 min 35 s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KQyPh8bLy9s>. Acesso em 13 Jan. 2019.

MOREIRA, Marco Antônio; LEVANDOWSKI, Carlos Ernesto. **Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório de Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 1983.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Salzano. **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. 1ª edição. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NOVAK, J.D; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

PAIVA, Manoel. **Matemática Volume Único**. São Paulo: Editora Moderna, 2000.

PALANGANA, Isilda Campaner. **Desenvolvimento e Aprendizagem em Piaget e Vygotski: A Relevância do Social**. 6^o edição. São Paulo: Summus Editorial, 2015.

PRIETO, Tomás. **Los Vasos Comunicantes**. Disponível em <https://www.amediar.info/los-vasos-comunicantes/>. Acesso em 19 jan. 2019.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 5^a edição. São Paulo: Cortez Editora, 1980.

SILVA, D. C. M. **Prensa hidráulica**. Disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm>. Acesso em: 12 jan. 2019.

SILVA, Sani de C.R.; SCHIRLO, Ana Cristina. **Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões Para o Ensino de Física Ante a Nova Realidade Social**. *Imagens da Educação*, v. 4, n. 1, 2014, Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/viewFile/22694/PDF>. Acesso em 13 dez. 2018.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem Significativa e o Ensino de Ciências**. 2005. Disponível em <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/ANPED-28.pdf>. Acesso em 23 dez. 2018.

TEIXEIRA, M. M. **HIDROSTÁTICA NO ENEM**. Disponível em : <https://vestibular.mundoeducacao.bol.uol.com.br/enem/hidrostatica-no-enem.htm>. Acesso em 12 jan. 2019.

VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. 11^a edição. São Paulo: Ícone Editora, 2010.

VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2001.

WIEMAN, Carl. **Under Pressure**. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html. Acesso em: 15 fev. 2019.

APÊNDICE A – IMAGENS DOS SLIDES DA AULA: TEOREMA DE STEVIN E VASOS COMUNICANTES

SLIDE 1



SLIDE 2

O teorema de Stevin foi elaborado em meados de 1500 pelo engenheiro belga Simon Stevin (1548-1620).



SLIDE 3

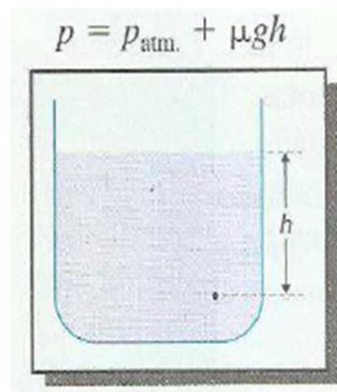
PRESSÃO ABSOLUTA

A pressão absoluta a qual um líquido está submetido, se dá pelo somatório da pressão atmosférica e da pressão hidrostática.

$$p_{abs} = p_{atm} + p_{hidro}$$

SLIDE 4

Observe a figura ao lado. Se considerarmos o pontilhado mais alto e o mais baixo (tendo assim a altura h), a pressão atmosférica em qualquer ponto é a mesma. Logo, a diferença de pressão existente nas duas alturas se dá apenas pela pressão hidrostática:



$$\Delta p = \Delta h \cdot \mu \cdot g$$

SLIDE 5



SLIDE 6

O teorema já mostrou que dentro do mesmo líquido, a diferença entre esses dois pontos é somente a pressão hidrostática entre eles.

Logo, a pressão 2 é igual à pressão 1 + a pressão referente à coluna de água representada por h.

$$p_2 = p_1 + \mu \cdot g \cdot h$$

Vamos resolver 2 exemplos no quadro.

SLIDE 7

1.

Dentro de um recipiente há um líquido com massa específica $1400 \frac{kg}{m^3}$. Um corpo está no fundo do recipiente, e outro, na metade da altura deste mesmo recipiente. Considerando a aceleração da gravidade local $9,8 \frac{m}{s^2}$, e a altura do recipiente igual a 0,5 metros, determine a diferença de pressão Δp entre os dois corpos.

SLIDE 8

2.

Um tubo de ensaio contém 20 cm de altura, e é preenchido com água. Considerando $p_{atm} = 1.10^5 \text{ Pa}$, $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ e $\mu = 1000 \frac{kg}{m^3}$, determine a pressão absoluta no fundo deste tubo.

SLIDE 9



SLIDE 10

Vasos Comunicantes é o nome dado a dois ou mais conjuntos de recipientes conectados entre si. Caso um fluido esteja dentro destes conjuntos, a pressão se distribuirá igualmente em todos eles, pois há uma busca pelo equilíbrio hidrostático em todos, e como estão conectados, todos devem estar submetidos à **MESMA PRESSÃO**.

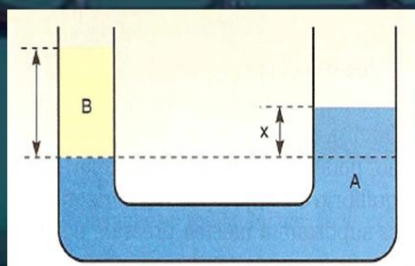
SLIDE 11

Poderemos verificar visualmente como funciona um vaso comunicante no vídeo que será apresentado no link a seguir:

https://www.youtube.com/watch?v=rKirlsdgCuE&list=PL1Dg4Oxxk_RlrbXWlCJv-rhL593HQgdIZ&index=3

SLIDE 12

O Teorema de Stevin associado a vasos comunicantes nos diz que caso haja uma mesma altura de um líquido em diferentes vasos, a pressão será a mesma. No entanto, isso não é sempre verdade quando temos líquidos diferentes dentro do sistema de vasos, conforme a figura abaixo:



SLIDE 13

Devemos nos lembrar que a pressão também se define pela massa específica do líquido. Logo, se os líquidos possuírem massas específicas diferentes, pode ocorrer diferença de altura total nos vasos para que a pressão continue a mesma em todos os vasos, como vimos na imagem anterior. Vamos resolver um exercício no quadro para verificar como essa relação se dá na prática, e depois aplicar práticas experimentais sobre o que aprendemos.

SLIDE 14

1.

Na figura x, a água (em azul) está junto no recipiente com outro líquido (amarelo). A altura da coluna evidenciada como x é de 10 centímetros. Qual é a altura da coluna do líquido B, sabendo que:

$$* g = 9,8 \frac{m}{s^2};$$

$$* \mu_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3};$$

$$* \mu_{líquido} = 415 \frac{kg}{m^3}$$

