

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

MANUEL JOAQUIM SILVA DE OLIVEIRA

**EXPLORANDO SIMULAÇÕES E LABORATÓRIOS VIRTUAIS
MULTIMÍDIA COMO RECURSOS DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

PORTO ALEGRE
2022

MANUEL JOAQUIM SILVA DE OLIVEIRA

**EXPLORANDO SIMULAÇÕES E LABORATÓRIOS
VIRTUAIS MULTIMÍDIA COMO RECURSOS DE
APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Informática na Educação.

Orientador:

Prof. Dr. José Valdeni de Lima

Linha de Pesquisa:

Ambientes Informatizados e Ensino à Distância

PORTO ALEGRE

2022

CIP - Catalogação na Publicação

de Oliveira, Manuel Joaquim Silva
EXPLORANDO SIMULAÇÕES E LABORATÓRIOS VIRTUAIS
MULTIMÍDIA COMO RECURSOS DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA /
Manuel Joaquim Silva de Oliveira. -- 2022.
177 f.
Orientador: José Valdeni de Lima.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Avaliação. 2. Simuladores. 3. Laboratórios
Virtuais. 4. Processo ensino-aprendizagem. 5. Física.
I. de Lima, José Valdeni, orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE
DOUTORADO MANUEL JOAQUIM SILVA DE
OLIVEIRA**

Às nove horas do dia nove de maio de dois mil e vinte e dois, no endereço eletrônico <https://mconf.ufrgs.br/webconf/00002540>, conforme a portaria 2291 de 17/03/2020 que suspende todas as atividades presenciais possíveis, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Raquel Salcedo Gomes (PPGIE/UFRGS), Manuel Constantino Zunguze (UPM) e Ítalo Gabriel Neide (UNIVATES) para a análise da Defesa de Tese de Doutorado intitulada “**Explorando Simulações e Laboratórios Virtuais Multimídia como Recursos de Aprendizagem de Física**” do doutorando de Pós – Graduação em Informática na Educação Manuel Joaquim Silva de Oliveira sob a orientação do Prof. Dr. José Valdeni de Lima.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese Aprovada

(X) sem alterações;

() sem alterações, com voto de louvor;

() e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

Considera a Tese Reprovada. Considerações

adicionais (a critério da Banca):

A Banca reconhece o trabalho de pesquisa realizado e o esforço despendido em um período de Pandemia para realizar 3 experimentos envolvendo mais de 100 alunos no Brasil e Moçambique. Medir a qualidade de simuladores digitais para a aprendizagem permite evidenciar diversos aspectos para a formação e/ou treinamento de pessoas.

Prof. Dr. José Valdeni de Lima

Orientador

_____(videoconferência)_____
Prof.ª Dr.ª Raquel Salcedo Gomes
PPGIE/UFRGS

_____(videoconferência)_____
Prof. Dr. Manuel Constantino Zunguze
UPM

_____(videoconferência)_____
Prof. Dr. Ítalo Gabriel Neide
UNIVATES

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, primeiramente, pela vida e saúde, principalmente pelo período em que vivemos e pela força para concluir esta etapa da trajetória da minha vida. Em seguida gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu Orientador, Prof. Doutor José Valdeni de Lima pela visão e entusiasmo pelo projeto, pelo seu conhecimento, por seu apoio, encorajamento e paciência; aos professores do curso e do grupo de pesquisa pelas contribuições durante as apresentações ao longo dos encontros do grupo, especialmente a Prof. Dra Raquel Salcedo Gomes, ao Prof. Dr. Alberto Bastos do Canto Filho, ao Prof. Dr. Leandro Krug Wives e ao Prof. Dr. José Pallazo Moreira de Oliveira. Aos membros da banca de qualificação e da defesa de tese as quais incluem alguns professores já citados, ao Prof. Doutor Ítalo Neide e Prof. Dr. Manuel Zunguze pelas valiosas contribuições. Ao Prof. Dr. Fabrício Herpich por me permitir participar no Projeto AVATAR UFRGS com a proposta do simulador usado nesta tese. A Professora MSc. Tatiele Ferrari, Prof. MSc. Dúlcio Timóteo, dr. António Constantino e as suas instituições, Colégio Murialdo (Brasil), Colégio Estadual Florinda Tubino Sampaio (Brasil), Universidade Eduardo Mondlane (Moçambique) e Colégio Arco-Íris (Moçambique) pela abertura na pesquisa de campo. Aos meus colegas do programa e da linha de Pesquisa, que me apoiaram em várias situações desde o acolhimento até a pesquisa, especialmente a Rafaela Jardim, Roges Horácio Grandi, Paulo Rocha, Francisco Dutra dos Santos Júnior, Miguel Santibanez, Dauster Pereira e a todos os que não mencionei, mas que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação! E meus maiores agradecimentos à minha família (esposa Fauzia de Oliveira, filhos Melvin de Oliveira e Nathaniel de Oliveira – minhas principais fontes de inspiração), parentes e amigos por todo o apoio incondicional nestes intensos quatro anos de formação.

RESUMO

Neste trabalho foi estudada a utilização de laboratórios virtuais multimídia como recurso de aprendizagem de Física dentro da perspectiva das trajetórias de aprendizagem, da teoria da aprendizagem significativa e da aprendizagem experiencial.

Devido ao fato de não haver laboratórios tradicionais em algumas escolas e até às recomendações atuais de não aglomeração de pessoas motivadas pela pandemia causada pelo *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*, os laboratórios virtuais podem ser usados como alternativa para a realização de aulas práticas. Além disso, há alunos que estudam a disciplina de Física na modalidade de ensino a distância ou no modelo híbrido que não têm possibilidade de realizar aulas experimentais em laboratórios reais. Neste contexto, avaliar este tipo de recurso de aprendizagem que permite ultrapassar algumas barreiras referentes à questão de tempo e lugar, é uma estratégia a ser considerada, pois para que ocorra a aprendizagem significativa uma das condições a ser levada em consideração é que os materiais sejam potencialmente significativos.

É útil saber se um determinado laboratório virtual ou simulador tem as qualidades necessárias para situações de aprendizagem. Então, nesta tese desenvolveu-se o MAPHYSE (*Model for Assessing Physics Simulators for Educational Purposes*) – Modelo para Avaliação de Simuladores de Física para Fins Educacionais – o qual foi formado a partir de requisitos pedagógicos aplicados à Norma ISO/IEC 25010 (2011).

Neste trabalho foi também projetado um simulador com fundamentação na teoria de aprendizagem multimídia e baseado no método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia - *Design Science Research (DSR)*. Além disso, foi delineada uma estratégia que assegure a utilização desse recurso de aprendizagem e orienta o aluno nas suas atividades com questões que o norteiam na busca de sua aprendizagem em cada uma das etapas de exploração do mesmo.

Dois simuladores (simulador da Lei de Stevin – desenvolvido no âmbito desta pesquisa) e (simulador Sob Pressão – do Projeto PhET da Universidade de Colorado) com os mesmos objetivos de aprendizagem foram avaliados com base no MAPHYSE por 3 professores e foram usados com dois grupos distintos de alunos para avaliar a aprendizagem. Para a análise dos resultados recorreu-se a estatística descritiva e teste de *Mann-Whitney*. As avaliações dos mesmos são altas e com notas bastante próximas. A partir da análise dos resultados, foi possível constatar os benefícios da avaliação de simuladores adequados funcionalmente e considerados satisfatórios sem restrições. Os resultados da aprendizagem dos grupos não apresentaram diferenças significativas e foram consideravelmente altos. Outros dois grupos simularam a distância e presencialmente, apresentando também bons resultados e sem diferença significativa entre eles.

Palavras-chave: Laboratórios virtuais e Simuladores. MAPHYSE. Processo Ensino-Aprendizagem. Avaliação.

ABSTRACT

This work studied the use of multimedia virtual laboratories as a learning resource of Physics within the perspective of learning trajectories, the theory of meaningful learning and experiential learning.

Due to the fact that there are no traditional laboratories in some schools and even the current recommendations of non-agglomeration of people motivated by the pandemic caused by Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), virtual laboratories can be used as an alternative to conduct practical classes. In addition, there are students who study the discipline of Physics in the modality of distance learning or in the hybrid model who are not able to perform experimental classes in real laboratories. In this context, evaluating this type of learning resource that allows overcoming some barriers related to the question of time and place is a strategy to be considered, because for significant learning one of the conditions to be taken into account is that the materials are potentially significant.

It is useful to know if a particular virtual lab or simulator has the qualities necessary for learning situations. Then, in this thesis, MAPHYSE was developed - Model for Assessing Physics Simulators for Educational Purposes - which was formed from pedagogical requirements applied to ISO/IEC 25010 (2011). In this work was also designed a simulator based on multimedia learning theory and based on the research method for advancement of science and technology - Design Science Research (DSR). In addition, a strategy was designed to ensure the use of this learning resource and guides the student in his/her activities with questions that guide him/her in the search for their learning in each of the stages of its exploration.

Two simulators (Stevin's Law simulator – developed under this research) and (Simulator Under Pressure – of the PhET Project of the University of Colorado) with the same learning objectives were evaluated based on MAPHYSE by 3 teachers and were used with two distinct groups of students to evaluate learning. Descriptive statistics and Mann-Whitney test were used for the analysis of the results. Their ratings are high and with very close grades. From the analysis of the results, it was possible to verify the benefits of the evaluation of functionally appropriate simulators and considered satisfactory without restrictions. The learning results of the groups did not present significant differences and was considerably high. Two other groups that simulated the distance and in person also obtained good results and no difference dignified between them.

Keywords: Virtual labs and Simulators. MAPHYSE. Teaching-Learning Process. Assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- As aprendizagens por recepção e por descoberta num continuum distinto entre aprendizagem mecânica e significativa	38
Figura 2- Vasos comunicantes	46
Figura 3- Elementos que compõem a THA	48
Figura 4 - Características e subcaracterísticas de qualidade interna e externa de software conforme a Norma ISO/IEC 25010	56
Figura 5 - Características e subcaracterísticas de qualidade de software em uso conforme a Norma ISO/IEC 25010	59
Figura 6 -Método DSR aplicado a esta pesquisa	74
Figura 7 - Modelo cognitivo da aprendizagem multimídia de Richard Mayer.....	76
Figura 8 - Nível 1 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática	78
Figura 9 - Nível 2 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática	78
Figura 10 - Nível 3 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática	79
Figura 11 - Simulador Sob Pressão.....	80
Figura 12 - Sequência metodológica da aplicação da aprendizagem	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estágios do Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb.....	42
Tabela 2 - Subcaracterísticas de Adequação Funcional.....	62
Tabela 3 - Subcaracterísticas de Confiabilidade.....	62
Tabela 4 - Subcaracterísticas de Usabilidade.....	64
Tabela 5 - Subcaracterísticas de Eficiência de Desempenho.....	65
Tabela 6 - Subcaracterísticas de Manutenibilidade.....	66
Tabela 7 - Subcaracterísticas de Portabilidade.....	67
Tabela 8 - Subcaracterísticas de Compatibilidade.....	67
Tabela 9 - Subcaracterísticas de Segurança.....	68
Tabela 10 - Subcaracterísticas de Efetividade e de Eficiência.....	69
Tabela 11 - Subcaracterísticas de Satisfação.....	69
Tabela 12 - Subcaracterísticas de Ausência de Riscos.....	70
Tabela 13 - Subcaracterísticas de Cobertura de Contextos.....	70
Tabela 14 - Resumo esquemático do roteiro para a elaboração de uma aula.....	81
Tabela 15 - Questões similares.....	85
Tabela 16 - Metodologia ADI em oito passos.....	86
Tabela 17 - Desenho do segundo estudo.....	87
Tabela 18 - Desenho do terceiro estudo.....	88
Tabela 19 - Resultados estatísticos gerais da avaliação prévia para o levantamento dos subsunçores.....	90
Tabela 20 - Classificação das perguntas em função do grau de dificuldade.....	91
Tabela 21 - Conclusões dos alunos após o uso do simulador.....	91
Tabela 22 - Dados estatísticos referentes ao pré-teste.....	93
Tabela 23 - Dados estatísticos referentes ao pós-teste.....	93
Tabela 24 - Teste-t para duas amostras em par para médias.....	100
Tabela 25 - Avaliação dos simuladores a nível de características de qualidade externa.....	100
Tabela 26 - Comentários gerais dos professores sobre o MAPHYSE.....	104
Tabela 27 - Teste de Levene para o pré-teste do grupo que usou o simulador da Lei de Stevin (G1) e o grupo que usou o simulador Sob Pressão (G2).....	105
Tabela 28- Teste de Shapiro-Wilk para o pós-teste do grupo G1 e G2.....	105
Tabela 29 - Teste de Mann-Whitney para o pós-teste do grupo G1 e G2.....	106
Tabela 30 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o pré-teste do grupo que simulou à distância e o grupo que simulou presencialmente.....	106
Tabela 31 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o pós-teste do grupo que simulou a distância e o grupo que simulou presencialmente.....	107
Tabela 32 - Teste de Mann-Whitney para o pré-teste do grupo que simulou presencialmente e o grupo que simulou à distância.....	107
Tabela 33 - Estatística descritiva do pós-teste para o grupo que simulou presencialmente e o grupo que simulou à distância.....	108
Tabela 34 - Teste de Mann-Whitney.....	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Classificação das perguntas do pré-teste quanto ao nível de dificuldade.....	94
Gráfico 2 - Classificação das perguntas do pós-teste quanto ao nível de dificuldade	94
Gráfico 3 - Análise quantitativa da resposta com relação à primeira questão similar do Pré-teste e Pós-teste	95
Gráfico 4 - Análise quantitativa da resposta com relação à segunda questão similar do Pré-teste e Pós-teste	95
Gráfico 5 - Análise quantitativa da resposta com relação à terceira questão similar do Pré-teste e Pós-teste	95
Gráfico 6 - Análise quantitativa da resposta com relação à quarta questão similar do Pré-teste e Pós-teste	96
Gráfico 7 - Análise quantitativa da resposta com relação à quinta questão similar do Pré-teste e Pós-teste	96
Gráfico 8 - Análise quantitativa da resposta com relação à sexta questão similar do Pré-teste e Pós-teste	97
Gráfico 9 - Análise quantitativa da resposta com relação à sétima questão similar do Pré-teste e Pós-teste	97
Gráfico 10 - Análise quantitativa da resposta com relação à oitava questão similar do Pré-teste e Pós-teste	98
Gráfico 11 - Análise quantitativa da resposta com relação à nona questão similar do Pré-teste e Pós-teste	98
Gráfico 12 - Análise quantitativa da resposta com relação à décima questão similar do Pré-teste e Pós-teste	98
Gráfico 13 - Análise quantitativa da resposta com relação à décima primeira questão similar do Pré-teste e Pós-teste	99
Gráfico 14 - Análise quantitativa da resposta com relação à décima segunda questão similar do Pré-teste e Pós-teste	99
Gráfico 15 - Percepção do treinamento por parte dos professores	102
Gráfico 16 - Percepção da avaliação dos simuladores por parte dos professores.....	103
Gráfico 17 - Satisfação dos professores em relação ao uso do MAPHYSE.....	103
Gráfico 18 - Probabilidade de continuar a usar o MAPHYSE	104
Gráfico 19 - Probabilidade de recomendar o MAPHYSE	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Strings de busca da revisão sistemática da literatura	50
Quadro 2 - Cálculo da Taxa de Qualidade Externa (TQe)	71
Quadro 3 - Taxa de qualidade em uso (TQu)	71
Quadro 4 - Taxa de qualidade geral (TQg)	71
Quadro 5 - Taxas de completude das avaliações	72
Quadro 6 - Cálculo da classificação por estrelas	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>COVID</i>	-	<i>Corona Virus Disease</i>
<i>DS</i>	-	<i>Design Science</i>
<i>DSR</i>	-	<i>Design Science Research</i>
EAD	-	Ensino a Distância
IPH	-	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
LVA	-	Laboratório Virtual de Aprendizagem
Nea	-	Número de itens de qualidade externa avaliados
Nep	-	Número total de itens de qualidade externa avaliáveis
Nga	-	Número total geral de itens avaliados
Ngp	-	Número total geral de itens avaliáveis
Nua	-	Número total de itens de qualidade em uso avaliados
Nup	-	Número total de itens de qualidade em uso avaliáveis
PFH	-	Princípio Fundamental da Hidrostática
TA	-	Trajectoria de Aprendizagem
TCe	-	Taxa de completude de uma avaliação da qualidade externa
TCg	-	Taxa de completude geral
TCu	-	Taxa de completude de uma avaliação da qualidade em uso
THA	-	Trajectoria Hipotética de Aprendizagem
TIA	-	Trajectoria Ideal de Aprendizagem
TIC	-	Tecnologias de Informação e Comunicação
TQe	-	Taxa de Qualidade Externa
TQg	-	Taxa de Qualidade Geral
TQu	-	Taxa de qualidade em uso
UFRGS	-	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 <i>Objetivo geral</i>	18
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 LABORATÓRIOS DE APRENDIZAGEM	20
2.1.1 <i>Laboratório Convencional ou convencional</i>	21
2.1.2 <i>Laboratórios Virtuais</i>	22
2.1.3 <i>Experiências de cátedra ou Laboratório de Demonstração</i>	26
2.2 CONCEITOS ALTERNATIVOS E CIENTÍFICOS	27
2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)	29
2.3.1 <i>Princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa</i>	33
2.3.2 <i>Condições para que ocorra a Aprendizagem Significativa</i>	35
2.3.3 <i>Aprendizagem por Recepção e Aprendizagem por Descoberta</i>	37
2.3.4 <i>Aprendizagem Significativa e a Experimentação no Processo Ensino-Aprendizagem de Física</i>	40
2.4 TEORIA DE APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL	42
2.5 AVALIAÇÃO	43
2.6 TRAJETÓRIAS DE APRENDIZAGEM (TA)	44
2.6.1 <i>Trajectoria Ideal de Aprendizagem</i>	46
2.6.2 <i>Trajectoria Hipotética de Aprendizagem</i>	47
2.7 TRABALHOS RELACIONADOS	49
2.7.1 <i>Trabalhos relacionados com a Norma ISO/IEC 25010 e simuladores</i>	51
2.7.2 <i>Outros trabalhos relacionados a modelos de referência</i>	51
2.7.3 <i>Trabalhos relacionados a simulações e laboratórios virtuais no PEA</i>	53
3. NORMA ISO/IEC 25010 (2011)	56
3.1.1 <i>Avaliação da Qualidade Interna</i>	62
3.1.2 <i>Avaliação da Qualidade Externa</i>	62
3.1.3 <i>Avaliação da Qualidade em Uso</i>	68
3.1.4 <i>Taxa de Avaliação da Qualidade Externa (TQe)</i>	71
3.1.5 <i>Taxa de Avaliação da Qualidade em Uso</i>	71
3.1.6 <i>Taxa de Qualidade Geral (TQg)</i>	71
3.1.7 <i>Taxas de Completude das Avaliações</i>	72
3.1.8 <i>Fatores de Suficiência de Avaliação e de Adequação Funcional</i>	72
3.1.9 <i>Classificação por Estrelas</i>	72
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	73
4.1 MÉTODO DE PESQUISA PARA AVANÇO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)</i>	73
4.2 CARACTERÍSTICAS DO ARTEFATO BASEADO NA TEORIA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA DE RICHARD MAYER	75
4.3 O SIMULADOR DA LEI DE STEVIN	77
4.4 O SIMULADOR SOB PRESSÃO	79
4.5 ESTUDO DE CASO	80
4.5.1 <i>O primeiro estudo</i>	80
4.5.2 <i>O Segundo estudo</i>	86
4.5.3 <i>O terceiro estudo</i>	88
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
5.3 EXPERIMENTO I	90
5.1.1 <i>Levantamento dos subsunçores</i>	90

5.1.2	<i>Resumo dos resultados do relatório</i>	91
5.1.3	<i>Resultados do pré-teste e pós-teste</i>	92
5.1.4	<i>Classificação das questões do pré-teste e pós-teste quanto ao nível de dificuldade</i>	93
5.1.5	<i>Comparação dos resultados das questões similares do pré-teste e pós-teste</i>	94
5.1.6	<i>Teste t para as duas amostras</i>	99
5.2	EXPERIMENTO II	100
5.2.1	<i>Avaliação dos simuladores</i>	100
5.2.2	<i>Opinião dos professores sobre o MAPHYSE</i>	102
5.2.3	<i>Resultado do grupo que usou o simulador da Lei de Stevin (G1) e o grupo que usou o simulador Sob Pressão (G2)</i>	105
5.3	EXPERIMENTO III	106
5.3.1	<i>Resultado do modelo de ensino Presencial e do modelo de Ensino à Distância</i>	106
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
6.3	CONTRIBUIÇÕES DA TESE	109
6.4	TRABALHOS FUTUROS	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXOS	120
	APÊNDICES	126

1. INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência de natureza experimental e de conceitos abstratos, desta forma, sua compreensão muitas vezes é difícil para os alunos, na medida em que os referidos conceitos não podem ser associados à ciência do mundo visível e, conseqüentemente, dificulta a aprendizagem. Deste modo, o processo ensino-aprendizagem na disciplina de Física tem sido tema de debates e pesquisas com intuito de motivar o aluno a conhecer as leis, fenômenos, princípios e conceitos desta ciência (MORAES, 2009; MARQUES, 2011; HOFFMANN, 2017).

Moreira (2020) reforça essa ideia questionando por que ocupar-se de desafios para o ensino da Física? E já antecipa a resposta alegando que esse ensino é muito problemático. Segundo o autor, os alunos não aprendem a disciplina de Física significativamente e sim memorizam mecanicamente fórmulas, definições, respostas certas, para serem reproduzidas nas provas e conseqüentemente logo depois.

São várias as questões que devem ser analisadas para contornar o atual cenário dos resultados insatisfatórios com relação à disciplina de Física (COSTA JUNIOR, 2017).

Segundo Moreira (2020), o interesse é provavelmente o maior desafio no ensino de Física. Deste modo, surge então a seguinte questão: Como despertar nos alunos o interesse pela Física?

Uma forma de alcançar bons resultados no processo ensino-aprendizagem da disciplina de Física no ensino médio é despertar a curiosidade e interesse do aluno através dos fenômenos vivenciados no seu próprio cotidiano, o que permite uma melhor contextualização dos conteúdos ministrados em sala de aula (MORAES, 2009; MARQUES, 2011; HOFFMANN, 2017). O conhecimento do professor sobre o cotidiano dos alunos pode facilitar a descoberta dos subsunçores¹ apropriados para a explicação sobre os conceitos trabalhados. Essa descoberta pode ser feita a partir de questões muito específicas onde a partir das suas respostas, o aluno expõe as suas ideias ou conhecimento sobre o assunto que se pretende estudar.

Moreira (2020) reforça a ideia do parágrafo anterior, alegando que nas fases iniciais do interesse os aprendizes necessitam de apoio para fazer conexões entre o mundo visível e as

¹ Os subsunçores são os conceitos já apropriados pelos alunos e que fazem parte da estrutura cognitiva dos mesmos. “São estes conceitos que serão ancorados aos novos conceitos para que haja uma ligação, modificação, associação e que a partir daí exista uma aprendizagem significativa” (OLIVEIRA, 2016, p. 45).

tarefas de aprendizagem, enquanto que nas fases posteriores essas conexões estão feitas e os aprendizes estão prontos para trabalhar mais diretamente com desafios do conteúdo.

Naturalmente os professores desempenham um papel fundamental neste processo, sendo desafiados a ultrapassar as dificuldades encontradas. Estes profissionais devem trabalhar buscando novas soluções para despertar a curiosidade e o interesse do aluno pela disciplina.

Para Barbosa *et al.* (2017), a Física é uma das áreas das ciências em que o indivíduo precisa de diferentes metodologias para que ocorra uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, se torna incontestável a necessidade de aulas práticas onde o aluno possa vivenciar de forma mais palpável o assunto em estudo.

Assim, pode-se destacar o trabalho experimental como sendo fundamental na educação científica, principalmente por colocar os estudantes em contato com os fenômenos descritos por leis e teorias que permeiam a ciência. Este ambiente é propício para que os estudantes testem suas hipóteses, indagações e curiosidades, e para que façam uso de sua criatividade transformando assim o laboratório didático em um ambiente potencial para o desenvolvimento de uma cultura científica e capaz de proporcionar aos envolvidos uma visão mais completa da ciência (HODSON, 1994).

Neste contexto, para a realização de experimentos em Física é necessário que nas escolas existam laboratórios tradicionais reais ou ainda soluções tecnológicas de computadores, celulares, *tablets* entre outros materiais que permitam a realização de experimentos por meio de simulações e/ou laboratórios virtuais, que promovem a aprendizagem por meio da interação com esses recursos.

De acordo com os dados do Censo Escolar 2019, o acesso à internet é uma realidade em 95,1% das escolas de ensino médio, no entanto, a porcentagem de alunos com acesso à Internet é menor, enquanto que o laboratório de ciências é encontrado em apenas 44,1% delas. Esse importante espaço de aprendizagem está presente em 38,8% das escolas de ensino médio da rede pública, e em 57,2% na rede privada. Já o laboratório de informática está presente em 78,1% INEP/MEC, porém os alunos não tem acesso liberado a esses laboratórios (BRASIL, 2019).

É com base no telefone celular que 98% dos alunos acessa a internet nas escolas, sendo este o único dispositivo de acesso para 18% universo pesquisado. O acesso exclusivo pelo celular foi maior entre os alunos que residem nas regiões Norte (25%) e Nordeste (26%) e entre os estudantes de escolas públicas urbanas (21%), dados que evidenciam desigualdades nas condições e nas oportunidades de uso das tecnologias entre os estudantes (CETIC, 2020).

Em relação à presença de outros dispositivos de acesso à rede nos domicílios, 29% dos alunos de escolas urbanas contam com um *tablet* em casa, 35% com um computador de mesa e 41% com um computador portátil. Além disso, 39% dos alunos de escolas públicas não possuem nenhum destes dispositivos em casa, o que pode dificultar a realização de atividades pedagógicas de forma remota (CETIC, 2020).

Em Moçambique a realidade é outra, os alunos do ensino fundamental e médio não tem acesso à internet nas escolas, sendo obrigados a pagar as operadoras de telefonia móvel para poder ter aceder a internet.

Constata-se limitações no acesso à internet vista em dois pontos opostos, mas que comungam o mesmo fim: (i) existe uma classe social, significativa, que vive em locais recônditos onde a rede de comunicação não flui, corretamente, devido à falta de energia; e (ii) mesmo as pessoas que se encontram, geopoliticamente, bem localizadas, onde a internet flui sem restrições de ordem técnica, constata-se que a maioria não reúne condições monetárias para o acesso, sobretudo, se olharmos a faixa estudantil (MUZIME e ZIMBICO, 2021)

Embora muitos autores como (De Oliveira, 2015; Martines, 2018; Passero, 2016; Silva, 2018) defendam que o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na educação pode favorecer o processo ensino-aprendizagem há ainda na realidade muitas dificuldades em termos de recursos nas escolas e acesso a esses recursos por parte dos alunos. Coll (2008) faz alusão às potencialidades dessas tecnologias e defende que estas permitem transcender barreiras - espaço/tempo - de acesso a dados, informação, formação e educação.

Além desses recursos tecnológicos presentes nas escolas, o processo ensino-aprendizagem de Física pode ocorrer através das tecnologias móveis, desde que recursos de aprendizagem como laboratórios virtuais e simuladores sejam desenvolvidos. Para a UNESCO (2014) as tecnologias móveis podem ampliar e enriquecer oportunidades para estudantes em diversos ambientes incluindo a educação. Segundo dados da Anatel (2021), a densidade de acessos de telefonia móvel em junho de 2021 ficou em 100,96 (acessos por 100 habitantes) aumento de 3,87% em relação ao final de 2020. Segundo Borba e Lacerda (2015) o número de celulares inteligentes também tem crescido em níveis rápidos.

Para apoiar a aprendizagem de fenômenos físicos, pode-se utilizar simuladores, que são representações de sistemas reais criados por computadores (Bastos e Wilkinson, 2010). Simuladores geralmente são baseados em modelos semânticos deterministas, ou seja, para o mesmo valor de entrada resulta sempre a mesma saída.

Para Bigelow, *et al.* (1996) as simulações computacionais para experimentos de Física têm sido há anos desenvolvidas e utilizadas tanto pelo seu potencial pedagógico quanto para mitigar o problema dos custos e das dificuldades logísticas das atividades experimentais.

Diante dos fatos apresentados, foi desenvolvido um simulador que se enquadra no capítulo da Hidrostática da disciplina de Física com base em teorias e normas que respondem à questão - como criar recursos multimídia de qualidade? - e com base nele pretende-se estudar a sua contribuição do processo ensino-aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática ou Princípio de Stevin. A escolha do desenvolvimento deste simulador foi inspirada na questão 57 de 2013 do ENEM (disponível no link: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2013/questoes/57.html>).¹

Estes recursos de aprendizagem carecem de avaliações quali-quantitativas sob o ponto de vista da aprendizagem. Avaliar um software pedagógico é um processo complexo que demanda uma estratégia adequada (Silva *et al.*, 2016). Uma abordagem que possibilita a realização de avaliações de softwares com perspectivas variadas e completude é utilizar um modelo de referência como a Norma ISO/IEC 25010 (2011), a qual oferece um conjunto amplo de características e subcaracterísticas organizadas em torno de três perspectivas da qualidade: interna, externa e em uso². Professores de Física avaliam a qualidade externa e alunos, por sua vez, a qualidade em uso. Desenvolvedores dos simuladores avaliados (em processos de qualidade interna), podem receber *feedbacks* dessas avaliações para novos ciclos de melhorias.

Assim, diante dos problemas aqui apresentados, levanta-se a seguinte questão principal de pesquisa: Como a qualidade dos simuladores e laboratórios virtuais impactam na aprendizagem significativa dos alunos?

1.1 Objetivos

Os objetivos do trabalho dividem-se em:

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é de compreender como o uso de simuladores e laboratórios virtuais Multimídia potencialmente significativos impactam no processo ensino-aprendizagem de Física.

² A taxonomia dessa Norma inicia particionando a qualidade de software em perspectivas interna, externa e em uso. Em um segundo nível, as perspectivas da qualidade interna e externa são divididas em 8 características e subdividida em 31 subcaracterísticas (Figura 4). A qualidade em uso, por sua vez, é dividida em 5 características e subdivididas em 9 subcaracterísticas (Figura 5).

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são enumerados na lista a seguir:

i) Conceber um Modelo de Avaliação de Simuladores de Física baseado na Norma ISO/IEC 25010 (2011). Com isso auxiliar desenvolvedores, instituições de ensino, professores e alunos a avaliarem o software a fim de garantir materiais potencialmente qualificados no contexto dos processos de ensino-aprendizagem.

ii) Conceber um simulador que seja aplicável para o processo ensino-aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática (Simulador da Lei de Stevin), com base na teoria de aprendizagem multimídia de Richard Mayer e que respeite o conjunto dos principais critérios de qualidade do Modelo de avaliação de simuladores.

iii) Comparar o desempenho de alunos que utilizaram o Simulador da Lei de Stevin em aulas presenciais e em aulas à distância.

iv) Aplicar o modelo de avaliação de simuladores para aferir a qualidade de dois simuladores com os mesmos objetivos de aprendizagem (simulador da Lei de Stevin e simulador Sob Pressão³).

v) Utilizar os simuladores avaliados com dois grupos distintos de alunos para comparar o desempenho destes.

³ Disponível no site do PHET da Universidade de Colorado https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/under-pressure

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo busca apresentar uma revisão bibliográfica sobre as principais teorias norteadoras utilizadas no estudo. Nele são apresentados e discutidos conceitos sobre os laboratórios virtuais e simuladores bem como os conceitos alternativos e científicos, visando sempre atender aos aspectos de desenvolvimento de laboratórios virtuais com o objetivo de despertar a atenção aos desenvolvedores, a fim de considerarem sempre os conceitos científicos, evitando dessa forma que os alunos aprendam conceitos alternativos. Também é apresentada a teoria da aprendizagem significativa que valoriza os conhecimentos que o aluno já possui e os materiais instrucionais potencialmente significativos. Apresenta-se ainda as trajetórias de aprendizagem que são os percursos seguidos pelo aluno para que ela ocorra e a teoria da aprendizagem experiencial que tem como base a construção do conhecimento por meio de experiências.

2.1 Laboratórios de Aprendizagem

Segundo Aurélio (1996), o laboratório é o espaço físico devidamente equipado com instrumentos de medida próprios para a realização de experimentos e pesquisas científicas diversas, ou para aplicação dos conhecimentos científicos com objetivo prático.

O dicionário da língua portuguesa também não traz definições específicas, mas destaca o “laboratório” como lugar destinado à experiência prática. Neste contexto, pode-se definir “laboratório” como um lugar real ou virtual onde se desenvolvem experimentos práticos e/ou simulações, presenciais ou à distância. (LIMA *et al.*, 2005).

Para Zubia *et al.* (2017), os laboratórios para o ensino das áreas científica e tecnológica dividem-se em dois grandes grupos: os Laboratórios Tradicionais e os Laboratórios Não Tradicionais. Os laboratórios tradicionais, são os chamados *hands-on*, aqueles encontrados nas instituições de ensino e são utilizados presencialmente. Já os laboratórios não tradicionais são aqueles amparados pelas novas Tecnologias da Informação e Comunicação, onde o aluno pode utilizá-lo por meio de um dispositivo, tais como computador, *tablet* ou *smartphone*.

Conceituados por Bazin e Lúcio (1981), os laboratórios de Física se constituem como valioso instrumento na aprendizagem de fenômenos da natureza, como uma futura possibilidade de novas descobertas, abrindo espaço ainda para propiciar a aquisição de novos conceitos e reformulação dos mesmos, sendo indispensável sua utilização.

Este último conceito de laboratório de Física foi definido quando não existiam laboratórios virtuais, porém, se aplica tanto ao laboratório convencional quanto ao laboratório virtual.

Existem diversos tipos de classificação dos laboratórios didáticos no ensino de Física. Nesta pesquisa destaca-se os laboratórios convencionais, laboratórios virtuais e laboratórios de demonstração.

2.1.1 Laboratório convencional e laboratório com atividades investigativas

A utilização de laboratório convencional é importante para a realização de pesquisas científicas e aulas práticas que necessitam de aparatos específicos como: bancadas, amostras, instrumentos de medidas, componentes eletrônicos e diversos outros aparelhos necessários a um experimento ou ensaio prático.

No laboratório convencional, as experiências são reais. As experiências reais precisam ser cuidadosamente preparadas objetivando a diminuição dos erros experimentais.

Segundo Pinho Alves (2000), Borges (2002) e Carvalho *et al* (2014) no laboratório didático convencional os estudantes geralmente trabalham em grupos pequenos, que mesmo com uma participação ativa, a sua liberdade de ação é limitada, bem como o poder de decisão. Isto porque os estudantes realizam a atividade experimental envolvendo observações e medidas, acerca de fenômenos previamente determinadas pelo professor e que geralmente a atividade é acompanhada por um texto-guia, altamente estruturado e organizado tipo “receita de bolo”, que serve de roteiro para o estudante.

Segundo com Borges (2002), o objetivo dessa atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas aulas teóricas, descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, ver na prática o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica. Geralmente, muito utilizado nas escolas, pois tem grande aceitação no ensino convencional onde a divisão de trabalho em é grande lição aprendida pelos estudantes na atividade experimental.

Nesse sentido, segue a conceituação de alguns autores sobre laboratório convencional:

Para Nedic *et al.* (2003), o trabalho em um laboratório convencional impõe hora e limites físicos para estudantes e equipe de funcionários acadêmicos. Requer esforço programado significativo e investimentos financeiros.

Segundo Roberts (2004), num laboratório convencional (real) o aluno ganha experiência mais próximo possível da vida real, dada às limitações do ambiente do laboratório.

Os dois principais inconvenientes do laboratório convencional são os custos e as limitações de recursos.

Agrupamos as principais ideias e argumentações desses autores feitas a seguir.

Para Carvalho *et al* (2014) em atividades investigativas o aluno sai da posição passiva, deixa de ser um mero observador das aulas e passa a ter grande influência sobre ela, não é mais um conhecedor de conteúdos, passando a aprender atitudes e desenvolver habilidades como interferir, argumentar, pensar, agir, interpretar e analisar, tal como de elaborar hipóteses, defender sua explicação frente aos colegas de classe e professores e utilizar a teoria aprendida como justificativa de suas ideias.

Segundo Borges (2002), neste tipo de atividades, compete ao estudante toda a solução e o planejamento do curso de suas ações, a escolha dos procedimentos, a seleção dos equipamentos e materiais, a preparação da montagem experimental, a realização de medidas e observações necessárias, o registro dos dados em tabelas e gráficos, a interpretação dos resultados e enumeração das conclusões.

Porém, de acordo com Roberts (2004), o acesso do estudante aos quadros do laboratório está restrito tipicamente aos horários distribuídos, geralmente só é permitido quando um membro da equipe de funcionários está presente. O acesso ao laboratório e aos equipamentos, na maioria das vezes, é caro e inviável para o uso do estudante.

Nesse contexto, o laboratório virtual pode ser muito útil como uma extensão do laboratório físico permitindo também aliar a teoria à prática com menor custo e pela sua ubiquidade. As aulas práticas experimentais são essenciais para a formação do aluno na educação tecnológica. Assim, na próxima subseção, apresentam-se alguns conceitos relacionados aos laboratórios virtuais.

2.1.2 Laboratórios Virtuais

As simulações com experimentos de Física são uma das possibilidades de uso do computador como ferramenta pedagógica. O laboratório virtual de Física pode ser útil como estímulo à aprendizagem uma vez que a falta de compreensão dos fenômenos físicos observados em experimentos desenvolvidos em laboratório convencional, poderão ser melhor compreendidos através de simulações observadas num ambiente virtual, embasado em fundamentos do EaD (JUSTINO *et al.*, 2003).

Para os autores, num laboratório virtual há:

- i) Possibilidade do usuário de acessar softwares simuladores com uma melhor compreensão dos fenômenos físicos, contando com a inclusão de multimeios pela Internet (animação visual e sonora, inclusão de elementos gráficos e interação);
- ii) Disponibilização de fundamentos teóricos dos fenômenos físicos simulados pelos softwares, visando uma forma de incentivar o aluno a refletir sobre os conceitos e problemas com os quais lida, buscando desenvolver a aprendizagem significativa;
- iii) Auxílio à disciplina, no sentido que proporciona ao usuário distintas maneiras de compreensão do conteúdo dado.
- iv) Acesso à distância e em qualquer lugar que tenha computador com o software instalado e que permita acesso à internet para uma futura pesquisa. (JUSTINO *et al.*, 2003).

A criação dos laboratórios virtuais surgiu da necessidade ubíqua do seu uso, ou seja, com acesso a qualquer hora do dia e em qualquer lugar e por um grande número de pessoas, já que um único experimento pode ser compartilhado por vários indivíduos. Além, é claro, da questão dos custos na utilização de um laboratório convencional real, que se torna em muitos casos bastante onerosos para as instituições.

Ainda não existe uma conceituação unificada de laboratório virtual. A seguir apresentam-se algumas definições em ordem cronológica desse conceito.

Segundo Fernandez *et al.* (2000), o ambiente que permite o acompanhamento e controle de experimentos e ensaios remotamente é chamado de laboratório virtual.

Para Borges (2002) nos laboratórios virtuais “existe a união da instrumentação virtual com as novas tecnologias de hardware e software para controle de experimentos à distância”. O autor acrescenta que os laboratórios virtuais utilizam multimídia (som, imagens, gráficos e animações) para simular seus experimentos. Seus objetos são imagens, em sua maioria desenhos ou fotografias de coisas reais.

Para Albu e Holbert (2003), um laboratório virtual é definido como "ambiente de desenvolvimento interativo para criar e conduzir experimentos simulados".

De acordo com Noguéz *et al.* (2005), "um modelo de laboratório virtual é orientado para desenvolver ferramentas de software da simulação com um grau elevado de complexidade capaz de representar as situações tão reais como possível".

Para Álvares *et al.* (2003), "os laboratórios virtuais podem ser uma bancada de testes de um sistema visando elaborar métodos para seu controle ou mesmo simulação de um sistema".

De acordo com Casini, Prattichizzo & Vicino (2003) “os laboratórios virtuais são bons para assimilar a teoria, mas não substituem processos reais, seu modelo é apenas uma aproximação que não pode reproduzir todos os aspectos do processo”, também não permitem que novos resultados possam ser descobertos, já que todas as experiências são previamente programadas para serem executadas do mesmo modo, e os resultados serão sempre os mesmos. Os laboratórios virtuais também são ótimos como recursos de aprendizagem que podem ser utilizados para que o aluno se aproprie de noções e conceitos, de forma segura, evitando possíveis inconvenientes que possam ocorrer com a má utilização dos equipamentos ou substâncias, e mais simples, evitando deslocamentos e manuseio de equipamentos mais complexos de produtos e máquinas, para a aprendizagem de Física.

De acordo com Roberts (2004), os laboratórios virtuais são usados para simulações que produzem resultados próximos aos reais.

O uso de manipulações de objetos virtuais surgiu, inicialmente, como uma necessidade de complementar manipulações físicas, as quais tinham uma série de deficiências no contexto da experimentação das ciências na escola (VAN JOOLINGEN; ZACHARIA, 2009).

Segundo Ray (2012), laboratórios virtuais são plataformas onde os alunos podem ter a experimentação prática sem qualquer envolvimento físico direto sobre o trabalho real. As possibilidades constituem-se pelo uso de simulações computadorizadas, modelos, vídeos, animações e outras tecnologias de ensino para criar um conteúdo interativo.

Para Haddish (2012), há várias motivações por trás do desenvolvimento de novos tipos de educação virtual. Primeiro, a educação virtual permite fazer quase tudo o que se pode fazer na vida real, em um meio mais seguro e de maneira mais eficiente. Em segundo lugar, é mais barato e rápido projetar e programar um laboratório virtual. Terceiro, podem ser desenvolvidos exercícios que simplesmente não são possíveis em circunstâncias presenciais, devido às preocupações orçamentais e de segurança.

Embora todos os conceitos usados pelos vários autores pareçam diferentes, eles não divergem, apenas se complementam. Cada pesquisador define o conceito segundo as suas necessidades e experiências.

Portanto, um laboratório virtual possibilita aos alunos realizarem experimentos a distância sob a orientação de seus professores ou não, em situação muito próxima à que eles teriam realizado fisicamente em um laboratório convencional.

O laboratório virtual tem suas vantagens, assim como desvantagens no processo ensino-aprendizagem. Para Queiroz (1998), Nedic, *et al* (2003), Morozov, *et al* (2004), Roberts (2004), Sancristóbal, *et al.* (2006) as principais vantagens virtuais são:

- i) Torna a explicação de conceitos mais concreta.
- ii) Permite acesso sem restrições de tempo e lugar.
- iii) Facilita o *feedback* pré-definido.
- iv) Possui um baixo custo de criação, utilização e manutenção, quando comparado com o custo de laboratórios convencionais (físicos). Segurança, ou seja, nenhuma operação arriscada ou efeito indesejado irá ocorrer.
- v) O estabelecimento de padrões de divulgação de trabalhos científicos, principalmente em áreas experimentais, uma vez que os pesquisadores podem demonstrar seus métodos propostos por meio de simulação.
- vi) O aumento de produtividade por meio da redução do tempo de viagens e de capacitação de alunos a participar de múltiplas experiências distribuídas geograficamente.
- vii) Permitem compartilhar o recurso com um número ilimitado de pessoas, já que múltiplos utilizadores em diferentes localidades geográficas podem utilizar de forma cooperativa, um único recurso.
- viii) Permitem que o estudante trabalhe com ferramentas colaborativas e o desenvolvimento de novas competências (QUEIROZ, 1998).

Pode-se acrescentar o fato de que no laboratório virtual o aluno tem a possibilidade de repetir o experimento sem restrição de acesso de tempo e nem lugar. Além disso, não danifica os materiais em caso de mau uso e nem gasta insumos como acontece em laboratórios reais. Também evita aglomerações, o que é importante em época de pandemia e que encontros presenciais com seus professores devem ser requisitados somente quando não for possível fazer a distância.

No entanto, os laboratórios virtuais não são vantajosos em todos os aspectos. Há que realçar alguns argumentos críticos, destacados por Medeiros (2002), contra o uso dessas ferramentas em sala de aula:

- i) O entusiasmo exagerado com o uso das simulações virtuais onde os estudantes ficam encantados com os efeitos computacionais, bem como a facilidade de uso, e com a novidade da presença do computador nas aulas de física. Desta forma, transparecendo uma modernidade tecnológica muito próxima do modismo, não contribuindo efetivamente para a aprendizagem servindo como elemento motivador do uso das tecnologias do que propriamente do interesse em aprender ciências;

ii) A perda da noção da complexidade de um sistema físico real, pois ao utilizar modelos com excesso de simplificações para tornar possíveis as simulações, acabam por deformar a complexidade do real, e corre o risco de a simulação ser entendida como a realidade do mundo cotidiano de fenômenos físicos;

iii) A falta de discussão das validades dos modelos propostos e de seus contextos de aplicação, possibilitando ideias de generalizações sem as devidas reflexões das limitações tornando-se equívocos epistemológicos;

iv) A falta de fundamentação em teorias de aprendizagem tanto na elaboração dos programas de simulação quanto nas atividades desenvolvidas no ambiente escolar;

v) A tendência equívoca de substituir um experimento real por um simulado computacionalmente podendo inclusive levar os estudantes a conceitos errados e deformações do ponto de vista epistemológico. (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Muitas dessas desvantagens podem ser contornadas quando o professor tem uma visão clara e objetiva dos conceitos científicos utilizados em laboratórios virtuais para o ensino de determinado conteúdo. E aí reside a necessidade de fazer uma avaliação prévia desses recursos de aprendizagem antes da sua implementação.

2.1.3 Experiências de cátedra ou Laboratório de Demonstração

são aquelas realizadas pelo professor e de sua inteira responsabilidade. O papel ativo é do professor, enquanto ao estudante cabe a atribuição de observação e reflexão.

Estas experiências de cátedra, como as simulações práticas, são estratégias que colocam o aluno bem próximo a situações reais e que possibilitam um retorno (feedback) imediato acerca dos conteúdos teóricos discutidos em sala de aula, mostrando aplicações diretas e imediatas. As experiências de cátedra tendem também a ser bem aceitas pelos alunos, pois, de modo geral, trazem certo grau de satisfação aos participantes e produzem um alívio físico e mental à rigidez às vezes excessiva da aula teórica, introduzindo um fator de satisfação que pode facilitar o processo de retenção dos conceitos discutidos em aula (GIL, 2005).

A função básica é ilustrar o corpo teórico trabalhado em sala podendo facilitar a compreensão, tornar conteúdo agradável e interessante e também numa abordagem investigadora, pode ser feita para mostrar a gênese de um problema a ser resolvido pela turma. Sendo assim pode-se ser denominado de demonstração investigativa. Carvalho (2010) faz um alerta sobre esse tipo de abordagem afirmando que é necessário que o professor esteja atento cometer um erro epistemológico, ao confundir o fenômeno mostrado com a construção do conceito científico.

No capítulo seguinte discute-se os conceitos alternativos e conceitos científicos, apresentando uma abordagem em relação à sua influência no PEA.

2.2 Conceitos Alternativos e Científicos

No âmbito do processo ensino-aprendizagem as teorias construtivistas reconhecem que os alunos associam, isto é, que trazem para a sala de aula concepções a respeito das coisas construídas no seu cotidiano (PINHEIRO, 1996). Essas concepções dos alunos são designadas por vários pesquisadores de maneiras diferenciadas, sendo as mais usuais: “preconcepções”, “concepções alternativas” e “concepções espontâneas”. Nesta tese designar-se-á estas concepções de conceitos alternativos.

Então cabe ao professor o papel de ensinar o aluno a aprender, a entender sobre conceitos, discutir sobre conhecimento científico, fazer dedução de fórmulas, entender sobre energia, falar sobre fenômenos naturais, e por consequência, entrar no mundo das ciências. No entanto, esta não é uma tarefa simples. Alguns alunos já trazem para a sala de aula alguns conceitos formados que muitas vezes divergem do conhecimento científico (LEÃO e KALHIL 2015).

Para a aprendizagem de Ciências Naturais (as quais incluem a Física) é de grande valia que alunos compreendam corretamente, e o mais cedo possível: fenômenos, conceitos, teorias, leis, nomenclaturas, unidades de medida e representações em acordo com normas internacionais, evitando assim a abstração de conceitos alternativos, também denominados espontâneos.

Segundo Leão e Kalhil (2015), conceitos alternativos são compreendidos como conhecimentos que, embora não estejam de acordo com os conceitos científicos, podem resultar em uma evolução conceitual sobre os fenômenos naturais ou sobre as teorias e leis que os descrevem. Portanto, é fundamental que o professor aprecie os conhecimentos prévios dos seus alunos.

Quando a estrutura cognitiva de um aluno absorveu conceitos alternativos sobre fenômenos físicos, o professor deve atuar usando várias estratégias no intuito de que esse aluno seja capaz de perceber significados consistentes com a fenomenologia e os conceitos científicos. Os conhecimentos derivados de uma evolução conceitual ampliam a capacidade de realizar experimentos e construir concepções adequadas sobre o meio natural, social e tecnológico. Professores devem atentar-se às complexidades inerentes aos conhecimentos sobre a natureza, a tecnologia e a sociedade e, em função disto, lembrar que os mesmos são construídos de forma gradativa pelos alunos na medida em que vão desenvolvendo seus

processos cognitivos (Schroeder, 2007). Para Queiroz e Lima (2007), conhecimento novo em ciência é produzido por atos criativos de imaginação aliados a métodos rigorosos, porém variados, da pesquisa científica; sua aquisição é problemática, nunca fácil. Portanto, usando várias estratégias didáticas, esforços devem ser empreendidos pelos professores para que o processo ensino-aprendizagem seja centrado no aluno, e com o objetivo de que a mudança conceitual ocorra no sentido de desconstruir os conceitos alternativos dando lugar aos conceitos científicos. Driver (1988) anuncia proposições que servem para balizar uma prática construtivista no ensino de ciências:

- i) Dar importância às experiências anteriores dos alunos.

Os resultados da aprendizagem dependem das concepções e motivações de quem vai aprender, pois estas concepções e motivações influenciam as interpretações e explicações que os alunos fazem a respeito dos fenômenos, como também interferem no modo como observam, para onde dirigem sua atenção e como orientam os experimentos que realizam.

- ii) Dar sentido ao que será aprendido, estabelecendo relações.

Para garantir a conservação do conhecimento construído é necessário estruturá-lo e relacioná-lo de múltiplas formas a outros conhecimentos anteriores.

- iii) Quem aprende constrói ativamente significados.

A construção de significados implica na interpretação de novas experiências por meio de analogias a partir de conhecimentos anteriores e em processo ativo de formulação de hipóteses e realização de ensaios.

- iv) Os estudantes são responsáveis por sua própria aprendizagem.

Mais que uma característica, esta é condição necessária para a aprendizagem. Os estudantes devem direcionar sua atenção para a tarefa da aprendizagem e fazer uso de seus próprios conhecimentos para construir o significado nesta situação, e não buscarem simplesmente a resposta pronta de um problema.

A Teoria da Aprendizagem significativa de David Ausubel é apresentada no ponto seguinte e orienta o processo de ensino-aprendizagem dando a atenção aos conhecimentos que os alunos já possuem (conceitos alternativos). E que devem ser modificados à medida que novos conceitos científicos são assimilados. Um dos fatores importantes no processo é o conhecimento prévio do indivíduo, pois serve como uma ponte para um novo conhecimento. Ausubel (1980) afirmou que se tivesse que resumir toda a psicologia cognitiva a um só princípio diria:

“O fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele já sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”. (AUSUBEL; NOVAK; HAANESIAN, 1980, p. 137).

2.3 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A teoria da aprendizagem significativa foi formulada inicialmente pelo psicólogo norte americano David Paul Ausubel. A proposta da aprendizagem significativa é aquela segundo a qual a aprendizagem de significados é extremamente importante aos seres humanos e deve ser buscada prioritariamente. Esses significados dizem respeito ao conceito e à representação das coisas e são adquiridos gradualmente e de maneira particular pelos indivíduos, sendo que uma nova aprendizagem significativa dará origem aos significados adicionais (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica. Podemos considerar a estrutura de conhecimento específica como sendo o conhecimento empírico que o indivíduo acumula a partir de suas vivências. Também poderíamos considerar os conceitos alternativos como uma estrutura de conhecimento específica, pois estes conceitos poderiam servir de “âncora” ao conhecimento, sendo referências para o início de um estudo e alicerce de conhecimento (estrutura), para integração de novas informações (MOREIRA, 2006).

A teoria de Ausubel, considerando possíveis implicações para o processo ensino-aprendizagem, pode ser resumida no seguinte princípio: “se eu tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria isto: 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). A esse conjunto de conhecimentos que o aluno traz consigo, Ausubel dá o nome de estrutura cognitiva.

Em essência, trata-se de uma teoria cognitivista e construtivista que explicita os mecanismos internos ocorridos na mente humana relacionados à aprendizagem e à estruturação do conhecimento.

A aprendizagem significativa é muito dependente do aprendiz, pois requer esforço do mesmo em conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente (TAVARES, 2010). Em sua teoria Ausubel propõe que a aprendizagem surge a partir de conhecimentos prévios já existentes na estrutura cognitiva do

indivíduo, ideia que é reforçada por Moreira (2006, p. 14-15), que define a aprendizagem significativa como “um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo”, ou seja, quando ocorre uma interação entre um subsunçor com aquilo a ser entendido.

Por “não arbitrária”, podemos entender como a presença de uma estrutura adequada para relacionar a nova informação com as ideias já adquiridas pelo aluno. Além disso, a nova informação deve possuir suficiente correspondência com essa estrutura. Geralmente, assuntos derivados ou generalizações podem se constituir como um conjunto de ideias mais relevantes que podem oferecer um encadeamento de informações mais coerentes para o aluno. “Os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz são chamados por Ausubel de subsunçores. São estes conceitos que serão ancorados aos novos conceitos para que haja uma ligação, modificação, associação e que a partir daí exista uma aprendizagem significativa” (OLIVEIRA, 2016, p. 45).

Por “substantiva” podemos entender que a nova informação deve ser compreendida com a menor modificação de significado possível. “Ainda que o aluno relacione com outras informações, ao fim do processo o símbolo ou conceito a ser aprendido não deve possuir nenhuma forma de alteração em seu significado” (OLIVEIRA, 2016, p. 45).

Conforme Moreira (2012, p. 6), “a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles”.

Quando existe aprendizagem teremos informações que serão armazenadas e organizadas, e que futuramente poderão ser utilizadas. “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” (MOREIRA E MASINI, 2011, p. 14).

Para Ausubel (1963, p. 58), a aprendizagem significativa é o excelente mecanismo humano para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento.

A teoria de Ausubel possibilita entender como o ser humano constrói significados em sua estrutura cognitiva e analisar/perceber estratégias, objetivos e conceitos subsunçores, os quais podem facilitar a mediação do processo de aprendizagem significativa. Quando o aprendiz consegue relacionar as informações que pretende assimilar com aquelas já assimiladas

em sua estrutura cognitiva, constrói significados e transforma essas informações em conhecimento no processo da aprendizagem significativa. (FELICETTI; PASTORIZA, 2015).

Quando se fala em formação de conceitos, existem diferenças naturais de acordo à idade, já que: “a formação de conceito de uma criança na idade pré-escolar, é a aquisição espontânea de ideias genéricas por meio de experiência empírico-concreta” (MOREIRA E MASINI, 2011, p. 20). Nesta etapa da vida o processo de aprendizagem é por descoberta, já nas crianças mais velhas bem como nos adultos existe a assimilação de conceitos, ou seja, fazendo a relação dos novos conceitos com os já existentes em sua estrutura cognitiva. O processo da assimilação de conceitos envolve “ideias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz com o conteúdo potencialmente significativo, implícito na definição dos termos ou das pistas contextuais” (MOREIRA E MASINI, 2011, p. 20).

Quando um indivíduo se apropria de algo extremamente novo, um conceito que não consiga comparar com nada que tenha visto antes, só é possível a aprendizagem mecânica. Portanto, não há aprendizagem significativa sem subsunçores, pois são os esses a base para ancorar o novo conhecimento, validando assim a aprendizagem significativa. Devem-se buscar a elaboração de subsunçores, pois “à medida que a aprendizagem começa a ser significativa, mais subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações” (MOREIRA e MASINI, 2011, p. 20).

A aprendizagem mecânica é o oposto da aprendizagem significativa. Para que uma ideia seja aprendida de forma mecânica, essa não se relaciona de forma lógica e clara com nenhuma ideia pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa ideia é assimilada de forma isolada. Na linguagem popular a ideia é “decorada”. O ato implica numa armazenagem arbitrária. O efeito prático do “decorar” é exatamente o oposto da aprendizagem significativa: falta flexibilidade no uso do conceito assimilado, restringindo o conteúdo decorado ao contexto da linguagem da aprendizagem (o aluno até pode repetir o conteúdo, mas o aprendido não é substantivo). O armazenamento na memória do conteúdo ocorre por um período temporal curto. Enfim, o que realmente acontece com o indivíduo que recebeu a nova ideia é que ele não se apropriou do conteúdo e nem de seu significado, a aprendizagem limitou-se, em contexto isolado, a repetição da sequência de palavras que lhe foram passadas como definição. O efeito prático é a incapacidade do aprendiz de utilizar o conteúdo apropriado em um outro contexto díspar do existente no momento da aprendizagem.

Embora existam diferenças marcantes entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, cabe ressaltar que essas não são dicotômicas em muitas práticas de aprendizagem, podendo ocorrer um contínuo entre a aprendizagem por memorização seguida

pela aprendizagem significativa. Moreira (2011) destaca que: (i) a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é automática, pois depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; (ii) a aprendizagem significativa é progressiva, pois a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significado, que não é imediato; e (iii) a aprendizagem significativa envolve uma negociação de significados entre discente e docente que não é imediata, podendo ser um processo longo.

A aprendizagem significativa é facilitada pela organização cuidadosa das matérias e das experiências de ensino, sendo a linguagem, a estrutura conceitual e o conhecimento prévio do aluno, fundamental para a aquisição do conhecimento (GAMA, 2015).

Ausubel “recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores” (MOREIRA E MASINI, 2011, p. 21). Esses “organizadores prévios” - materiais introdutórios a serem apresentados ao aluno antes do material a ser aprendido em si funcionam como “pontes cognitivas”, como esclarece Moreira:

O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Contrariamente a sumários, que são, em geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são apresentados em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa (...) (MOREIRA, 1999, p. 155).

Com relação à predisposição do aluno para que ocorra a aprendizagem significativa (TIRONI *et al.*, 2013) destacam que:

“Na teoria de Ausubel, a disposição para aprender é considerada o fator mais importante na aprendizagem, pois influencia a percepção do aluno com relação ao objeto de estudo. Neste contexto, os chamados organizadores prévios, materiais introdutórios usados para facilitar a aprendizagem subsequente que é apresentada ao aluno antes mesmo do conteúdo a ser aprendido, ajudam a focalizar a atenção dos mesmos em pontos que poderiam passar completamente despercebidos. A motivação em despertar nos alunos o interesse em aprender, se apresenta como uma importante tarefa para o professor, pois a disposição em aprender pode influenciar significativamente a maneira como a informação é internalizada na estrutura cognitiva. Se conceitos relevantes não estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, os organizadores servem para ancorar a nova aprendizagem e desenvolver conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente” (TIRONI, 2013, p. 4).

Organizadores prévios serão definidos pelo professor, o qual deverá auxiliar e conduzir os alunos para a identificação de subsunçores ou mesmo na criação destes. Em algumas etapas

os subsunçores do aluno não são suficientemente estáveis e capazes de ancorar adequadamente uma nova informação ou um novo conceito.

Ostermann e Cavalcanti (2011) sintetizam a perspectiva ausubeliana no que diz respeito ao processo ensino-aprendizagem, destacando as principais tarefas do professor:

“Uma abordagem ausubeliana ao ensino da Física envolve o professor em pelo menos quatro tarefas fundamentais. A primeira seria determinar a estrutura conceitual e proposicional de matéria de ensino, organizando os conceitos e princípios hierarquicamente. Uma segunda tarefa seria identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter na sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente. Outra etapa importante seria determinar dentre os subsunçores relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Finalmente, ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a assimilação da estrutura da matéria de ensino por parte do aluno e organização de suas próprias estruturas cognitivas nessa área de conhecimentos, através da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis” (OSTERMANN E CAVALCANTI, 2011, p. 35).

Segundo Leite (2018), para que possa ajudar o aluno, o facilitador pedagógico, primeiramente, deverá possuir um entendimento claro da construção de conhecimento enquanto processo dinâmico e relacional, advindo da reflexão conjunta sobre o mundo real. Tal postura do professor configura-se como uma das características da metodologia ativa. O professor ao utilizar as tecnologias com seus alunos pode ensinar a selecionar, analisar, criticar, comparar, avaliar, sintetizar, comunicar e informar. Esses são processos de pensamentos complexos que o professor mediador deve ensinar, para que seus alunos construam seu conhecimento.

É preciso que o professor seja o mediador desse processo, ele deve ajudar o aluno a decidir sobre a direção de sua aprendizagem e a escolher entre múltiplas opções para aprender os conceitos requeridos. Visto que as circunstâncias e as necessidades de aprendizagem dos alunos são tão diferentes quanto eles próprios. Não existe uma única definição para o bom professor, porém, como facilitador pedagógico, é também tarefa do professor garantir materiais instrucionais que assegurem a qualidade da aprendizagem dos alunos, bem como a preparação destes materiais. O professor deve considerar os princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa.

2.3.1 Princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

Para Ausubel o Princípio de Diferenciação Progressiva consiste em trabalhar preferencialmente as ideias e os conceitos em uma ordem crescente de especificidade, dos mais gerais, para os mais específicos. Isso ele justifica através de dois motivos:

i) É mais fácil para o ser humano compreender os aspectos diferenciados de um todo [mais inclusivo] previamente aprendido, (...) do que formular o todo mais inclusivo a

partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas Faria (1989, p. 28). Ou seja, generalizar a partir de conceitos mais específicos é mais difícil do que aprender conceitos particulares a partir de um mais geral.

ii) Este tipo de hierarquia é a que acontece na mente de cada pessoa: as ideias mais gerais/ inclusivas ocupam o topo da estrutura cognitiva, e têm subordinadas a si ideias progressivamente mais específicas/ menos inclusivas.

Com relação ao princípio de Reconciliação Integrativa a preocupação de Ausubel diz respeito à forma com que se relacionam as ideias a serem apresentadas para o aluno e como estas serão relacionadas por ele na sua estrutura cognitiva. O foco da sua atenção está na possibilidade de que eventuais semelhanças, diferenças e contradições não sejam devidamente trabalhadas ou elucidadas, de modo que o estudante pode deixar de fazer algumas “conexões” interessantes, fazê-las erroneamente ou perdê-las com o tempo. Assim, como define Faria (1989, p. 30), a reconciliação integrativa consiste, basicamente, no delineamento explícito das relações entre ideias, de assinalar semelhanças e diferenças relevantes entre as mesmas, e de reconciliar inconsistências reais ou aparentes.

No trabalho pedagógico a reconciliação integrativa deve acontecer em dois contextos: na preparação do material instrucional, e no relacionamento das ideias nele contidas com a estrutura cognitiva do aluno.

i) Na preparação e no uso do material instrucional, alguns cuidados devem ser tomados como, por exemplo: Evitar que o uso de palavras distintas para representar conceitos equivalentes gere confusão no aluno, motivando-o a aprender de forma mecânica.

ii) Na apresentação dos vários tópicos constitutivos de um mesmo material, devem-se explicitar eventuais relações existentes entre eles, visto que parte da aprendizagem só será de fato alcançada caso estas relações sejam percebidas.

iii) Evidenciar as diferenças existentes entre conceitos aparentemente semelhantes, a fim de que eles não sejam retidos como se fossem idênticos.

Entretanto, é necessário tomar alguns cuidados no que diz respeito ao relacionamento das novas ideias apresentadas e aquelas já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz:

i) Evidenciar eventuais diferenças entre as ideias já estabelecidas e aquelas que se está aprendendo, a fim de que, caso haja alguma analogia entre elas, isso não leve os alunos a reduzirem uma à outra ou a confundirem ambas. Este é o caso do uso da analogia entre sistema hidráulico e circuito elétrico. Apesar de haver algumas semelhanças, os conceitos e as características destes dois sistemas são bastante distintos, devendo, portanto, ser explicitamente elucidados.

ii) Esclarecer eventuais contradições (aparentes ou reais) entre os conceitos que estão sendo aprendidos e aqueles que já se sabe. Caso isso não seja feito, pode acontecer de o aluno recusar o novo conceito, ou de retê-lo como algo isolado do anterior. No entanto, se este princípio for analisado dentro do conjunto limitado dos conceitos relativos à uma disciplina, a eventual contradição desaparece CRUZ (2011).

Segundo Cruz (2011), a reconciliação integrativa assume, portanto, um papel duplo no contexto da aprendizagem significativa: por um lado, deve evidenciar as possíveis relações existentes entre as diversas ideias que estão sendo trabalhadas (dentro de um material, ou entre estas e as que o aluno já possui), de modo a facilitar e a catalisar a criação destas ligações na estrutura cognitiva do aprendiz. Por outro lado, ela deve ajudar o aluno a perceber as diferenças e particularidades, bem como elucidar eventuais contradições existentes entre os diversos conceitos em questão. Isso é imprescindível para que não haja obliteração com perda de informação, quando se reduz conceitos que possuem algo em comum (mas que apresentam bastantes diferenças entre si) a uma mesma coisa, ou quando não se faria uma ligação “correta” por causa de uma contradição (real ou aparente).

O que se percebe, então, é que quando uma nova ideia é assimilada à estrutura cognitiva de uma pessoa, isto é feito através do estabelecimento de relações entre ela e ideias já existentes lá. Como esta relação modifica tanto uma quanto outra, e como a estrutura cognitiva é uma verdadeira teia de relacionamentos entre conceitos e ideias, a inserção de algo novo pode provocar a modificação destes conceitos e ideias, mesmo que não estejam diretamente ligadas a eles. Ou seja, a estrutura cognitiva é algo dinâmico que está em constante modificação em função das diversas experiências inerentes do processo de aprendizagem que cada pessoa tem. No entanto, isso não é algo “automático”, ou seja, não basta uma nova ideia para mudar toda a estrutura cognitiva de alguém. É preciso trabalho ativo deste indivíduo para que esta mudança possa ocorrer. (CRUZ, 2011).

2.3.2 Condições para que ocorra a Aprendizagem Significativa

Segundo Moreira (2012), para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário atender às duas condições a seguir:

- i) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e
- ii) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

Moreira considera que, a primeira condição implica: 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal à uma estrutura cognitiva apropriada e relevante; e 2) que o aprendiz tenha em sua

estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-litera.

Entende-se também, que um material potencialmente significativo, seja um material de qualidade. Sendo o recurso de aprendizagem aqui proposto, um simulador (software), há necessidade de apresentar algumas abordagens de qualidade considerando o produto desenvolvido. Os autores Pressman (1987), Manns e Coleman (1988), vêm discutindo a questão da qualidade de software. É consenso que qualidade é uma meta a ser perseguida e que o software é um produto complexo que exige em seu desenvolvimento uma postura disciplinada. Segundo Stahl (1988) há um ponto comum entre os autores quando consideram que software de qualidade é aquele que atende às necessidades do usuário. Neste contexto, os simuladores devem atender as necessidades de aprendizagem dos alunos. Entende-se nesta abordagem que a qualidade do recurso de aprendizagem é: o grau de precisão e perfeição que esse material apresenta e a garantia de satisfação das necessidades dos usuários, podendo ser futuramente avaliada conforme determinado padrão possivelmente estabelecido e reconhecido internacionalmente.

Para Moreira é importante realçar que o material só pode ser *potencialmente significativo* e não *significativo*: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, ..., pois o significado está nas pessoas e não nos materiais.

É o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e os significados atribuídos podem não ser aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. Naturalmente, no ensino o que se pretende é que o aluno atribua aos novos conhecimentos, veiculados pelos materiais de aprendizagem e os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. Mas isso normalmente depende de um intercâmbio, de uma “negociação”, de significados, que pode ser bastante demorada (MOREIRA, 2012).

A segunda condição é talvez mais difícil de ser satisfeita do que a primeira: o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-litera, a seus conhecimentos prévios. É isso que significa predisposição para aprender (MOREIRA, 2012).

Moreira considera ainda que por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente por saber que sem compreensão não terá bons

resultados nas avaliações. Aliás, muito da aprendizagem memorística sem significado (a chamada aprendizagem mecânica) que usualmente ocorre na escola resulta das avaliações e procedimentos de ensino que estimulam esse tipo de aprendizagem (MOREIRA, 2012).

Por outro lado, o aluno pode querer dar significados aos novos conhecimentos e não ter conhecimentos prévios adequados, ou o material didático não ter significado lógico, e aí voltamos à primeira condição: o material deve ser potencialmente significativo (MOREIRA, 2012).

Resumindo, Moreira (2012) considera que são duas as condições para aprendizagem significativa: material *potencialmente significativo* (que apresenta lógica intrínseca ao material e disponibilidade de conhecimentos especificamente relevantes) e *predisposição para aprender*.

A aprendizagem nem sempre é significativa, ela pode ocorrer também de forma mecânica. Tanto a aprendizagem significativa, assim como a aprendizagem mecânica podem acontecer através da aprendizagem por recepção ou por descoberta, dependendo das condições em que ela ocorre (MOREIRA, 2012).

2.3.3 Aprendizagem por Recepção e Aprendizagem por Descoberta

A aprendizagem por recepção é aquela em que o aluno recebe, de forma pronta e acabada, o conteúdo que vai aprender. Ele não tem necessidade de realizar qualquer descoberta. A única ação que desenvolve é a compreensão e a assimilação das informações em sua cognição para que possa reproduzi-las sempre que solicitadas. Já a aprendizagem por descoberta o conteúdo a ser aprendido não é transmitido em sua forma integral, e o aluno deve descobrir os seus complementos. Após descobrir as partes que faltam, ele promove relações que o levam a entender o conceito, e aí sim ocorre a assimilação dos conteúdos.

Para Ausubel, em ambos os casos (recepção ou descoberta) a aprendizagem significativa ocorre quando há um processo de interação no qual os conceitos mais relevantes e inclusivos (subsunçores) integram com o novo material a ser aprendido. A aprendizagem significativa é caracterizada por uma interação entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, por meio das quais essas adquirem significado e são integradas a uma estrutura hierárquica altamente organizada de subsunçores de maneira não arbitrária e não literal.

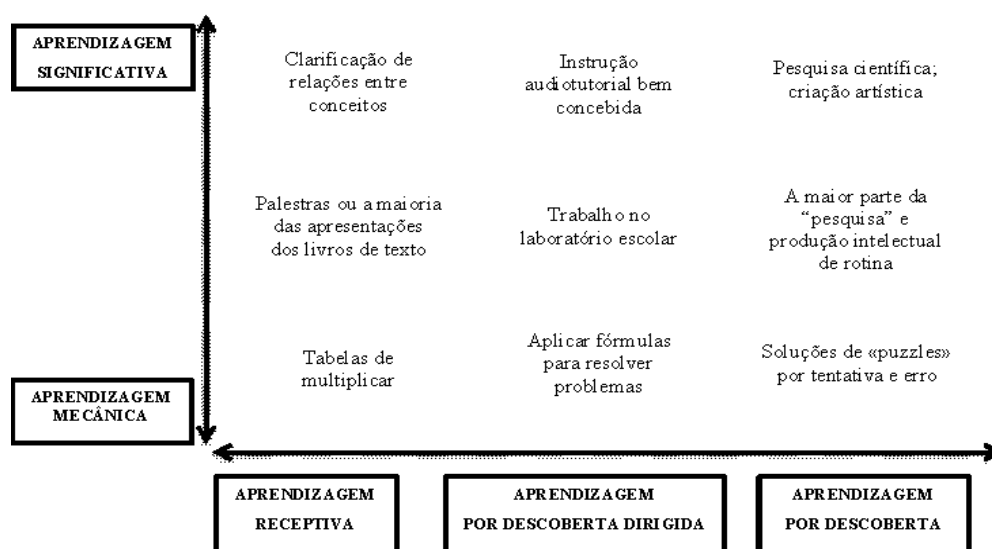
Uma aprendizagem pode ocorrer mais por recepção ou mais por descoberta. Uma aprendizagem por descoberta pode ser mais mecânica ou mais significativa; uma aprendizagem

por recepção também pode ser mais mecânica ou mais significativa. O fato de uma aprendizagem ser mais mecânica ou mais significativa representa a forma através da qual uma nova informação é adquirida (questão de aprendizagem); o fato de uma aprendizagem ser mais receptiva ou mais descoberta, resulta também da abordagem instrucional empregada (questão de ensino).

Em síntese, uma aprendizagem pode ser mais significativa ou mais mecânica; pode ser mais por recepção ou mais por descoberta; pode ser por recepção e significativa ou por recepção e mecânica; pode ser por descoberta e significativa ou por descoberta e mecânica.

Ausubel considera que as aprendizagens por recepção e por descoberta se situam ao longo de um continuum de aprendizagem significativa e mecânica. Isso pode ser observado na Figura 1.

Figura 1- As aprendizagens por recepção e por descoberta num continuum distinto entre aprendizagem mecânica e significativa



Fonte - Joseph D. Novak (1998)

A linha vertical representa um continuum na relação entre a Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem Mecânica. Quanto mais se desloca para cima, mais significativa e menos mecânica estará ocorrendo a aprendizagem, e quanto mais se desloca para baixo, mais mecânica e menos significativa será. A linha vertical diz respeito, portanto, ao trabalho do aluno, à tarefa da aprendizagem.

A linha horizontal representa um continuum na relação entre a Aprendizagem Receptiva e a Aprendizagem por Descoberta. Quanto mais se desloca para a direita, mais por descoberta e menos por recepção estará ocorrendo a aprendizagem, e quanto mais se desloca

para a esquerda, mais por recepção e menos por descoberta será. A linha horizontal, diz respeito, portanto, ao trabalho do educador, à tarefa de ensino.

Moraes (2005) evidencia que Ausubel; Novak; Hanesian (1980), não veem uma relação direta entre a aprendizagem por recepção e a mecânica, ou seja, para ele, a aula expositiva não gera necessariamente uma aprendizagem mecânica, assim como a aprendizagem por descoberta não gerará sempre aprendizagem significativa. Existem, no entanto, diversas formas de combinação desses elementos, de tal maneira que se possa ter aprendizagem por recepção (aula expositiva) e aprendizagem significativa. A mesma coisa acontece com relação à aprendizagem por descoberta (aprendizagem dirigida, induzida por problemas), que pode gerar aprendizagem mecânica se apenas se restringir à aplicação de fórmulas.

Para Ausubel, o máximo da aprendizagem significativa seria aquela que se situa no extremo dos dois contínuos, ou seja, aquela que resulta, por exemplo, da pesquisa científica, que advém da combinação entre aprendizagem por descoberta autônoma e aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa por descoberta: é o tipo de aprendizagem significativa que ocorre quando quem aprende o faz “sozinho” e a ideia a ser estudada possui relação com as ideias preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Os conteúdos são recebidos de modo inacabado para serem definidos ou ‘descobertos’ antes de assimilados (KIEFER; PILATTI, 2014).

Aprendizagem significativa por recepção: é o tipo de aprendizagem significativa que ocorre quando a informação é passada de forma acabada. O indivíduo atua ativamente no material que lhe é repassado para relacionar com as ideias relevantes existentes em sua estrutura cognitiva (KIEFER; PILATTI, 2014).

Segundo Salvador (2000), a aprendizagem significativa da teoria de David Ausubel apresenta três vantagens essenciais com relação à aprendizagem mecânica. Em primeiro lugar, o conhecimento adquirido de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo lugar, ela aumenta a capacidade de aprender outros materiais ou conceitos relacionados de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. Em terceiro lugar, uma vez esquecida, ela facilita a aprendizagem seguinte. A explicação dessas vantagens está nos processos específicos por meio dos quais se produz a aprendizagem significativa.

2.3.4 Aprendizagem Significativa e a Experimentação no Processo Ensino-Aprendizagem de Física

A Física é uma disciplina onde o uso de aulas práticas é recomendável para que ocorra uma melhor assimilação dos conceitos estudados; torna-se complexo ensiná-la fornecendo ao aluno somente textos e equações como modelo da realidade, pois se assim for, o aluno pode não reconhecer os fenômenos e conceitos físicos que estão a sua volta e fazem parte do seu dia-a-dia, dificultando assim o ensino (FIOLHAIS; TRINDADE, 2013).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), o uso da experimentação deve estar presente ao longo de todo o processo de aprendizagem do aluno, de maneira a desenvolver conhecimentos físicos mais significativos, além de garantir que ele construirá outras habilidades, tais como interagir, questionar, investigar, etc.

Diante disto, justifica-se a experimentação no ensino de Física como ferramenta auxiliar ao processo ensino-aprendizagem ou como sendo o próprio processo da construção do conhecimento (ALVES, 2015).

O uso da modelização, que dão suporte ao uso de animações e simulações, tem sido utilizado, principalmente, numa tentativa de contornar uma situação problemática no ensino de Física, que é a representação e compreensão de conceitos complexos, fato evidenciado pelo uso crescente de ilustrações, inclusive de fenômenos dinâmicos, nos livros didáticos (ARTUSO, 2006).

Moreira e Masini (2001) acentuam que para Ausubel; Novak; Hanesian (1980),

(...) significado é um produto “fenomenológico”, no qual o significado potencial inerente aos símbolos converte-se em conteúdo cognitivo, diferenciado para um determinado indivíduo (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 46).

Assim, os símbolos e imagens produzidos pela informática podem proporcionar, em diferentes níveis, um ganho cognitivo. Paralelamente à informática, a simulação irá fornecer, de maneira dinâmica, imagens sobre o fenômeno em questão, variáveis que podem modificar o resultado apresentado pela simulação e também quais são os principais aspectos e propriedades sobre o seu acontecimento. Cada imagem fornecida pela simulação pode potencializar um significado para o indivíduo de forma idiossincrática.

De forma correlata, Tavares (2008) defende o uso de simulações computacionais no ensino, afirmando que as simulações computacionais podem ser uma ferramenta importante para o ensino de alunos com dificuldades de abstração.

A Física torna-se muito difícil para os alunos de ensino médio porque requer um nível de abstração desenvolvido. No entanto, a mudança de conceitos se deve ao tamanho ou profundidade do desenvolvimento cognitivo do aprendiz e da relação que este consegue fazer com conceitos novos, muitas vezes abstratos, e os já estruturados cognitivamente (CARDOSO, 2011).

Muitas têm sido as vantagens apontadas para a utilização das simulações no ensino das ciências pelos seus defensores. Em seu trabalho de doutorado, GADDIS (*apud* MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p. 80) fez um levantamento das principais contribuições que o uso de simulações pode oferecer entre as quais se pode destacar:

- i) Reduzir o “ruído” cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- ii) Fornece um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- iii) Permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- iv) Permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- v) Engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- vi) Envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- vii) Apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- viii) Servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- ix) Desenvolver habilidades de resolução de problemas;
- x) Promover habilidades do raciocínio crítico;
- xi) Fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- xii) Acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual, na perspectiva de uma aprendizagem significativa.

Segundo Oliveira (1997), o simulador é um recurso de aprendizagem que coloca o aluno como um controlador de situações, que imitam ou se aproximam da realidade, o que lhe permite de certa forma ter o domínio sobre o processo de aprendizagem. O diferencial do simulador em detrimento a outras tecnologias é o caráter lúdico e dinâmico que esta ferramenta possui, pois, o aluno consegue por meio deste controlar variáveis que determinam o comportamento de um fenômeno estudado, levando-o a refletir sobre as alterações nos resultados e com isso aprender por meio da descoberta. Desta maneira, os discentes podem

medir e controlar parâmetros de entrada como: medidas de posição, velocidade, aceleração, força e temperatura, e assim observar as alterações que sucedem (FIOLHAIS; TRINDADE, 2013).

2.4 Teoria de Aprendizagem Experiencial

Segundo Marietto *et al.* (2014), simuladores computacionais são usados para estudar um sistema por meio de experimentos e funcionam como um laboratório onde teorias e hipóteses podem ser desenvolvidas e analisadas. Os simuladores são recursos de aprendizagem que podem ser utilizados de diferentes formas, objetivando a representação total ou parcial de uma realidade.

Quando os alunos interagem com esses recursos de aprendizagem aperfeiçoam o que já sabem ou adquirem conhecimentos novos pela experimentação. Essa ideia tem sustentação na teoria da aprendizagem experiencial de Kolb que é fortemente evidenciada na prática. É um modelo de representação de como as pessoas aprendem e que se baseia na aquisição empírica de conhecimento, ou seja, ao invés de passar por um processo de aprendizado e lembrança, a pessoa aprende vivenciando a experiência e reagindo às várias nuances da situação.

Kolb (1984) argumenta que a aprendizagem mais completa consiste nos quatro estágios de aprendizagem mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estágios do Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb

ESTÁGIO	DESCRIÇÃO
Experiência Concreta (Aprendizagem pela Experiência)	As pessoas aprendem por estarem envolvidas em uma atividade ou experiência. Essa aprendizagem é derivada de observações e sentimentos, em vez de teorias específicas e experimentos sistemáticos. Os aprendizes lidam com novas experiências concretas.
Observação Reflexiva (Aprendizagem pelo Processamento)	Usando uma experiência concreta como base, os aprendizes estão envolvidos em observar, revendo e refletindo dessa forma sobre a experiência concreta do estágio anterior. O aprendiz reflete sobre a experiência para obter mais informações ou aprofundar sua compreensão experiencial.
Conceitualização Abstrata (Aprendizagem pela Generalização)	Neste estágio o aprendiz organiza o conhecimento, discutindo fenômenos, teorias, ideias e modelagem para explicar eventos.

	Aqui aluno cria regras e modelos, teoriza, categoriza ou generaliza sua experiência na tentativa de gerar novas informações. Nesta fase, os alunos transferem seus conhecimentos de um contexto para o outro.
Experimentação Ativa (Aprendizagem pela Atuação)	Nesta fase, os alunos aplicam ou testam seu senso crítico da lei da necessidade no mundo real. Ele se envolve nas atividades de planejamento em busca de novas experiências à medida em que o novo período se inicia. Os alunos usam a teoria para tomar decisões e resolver problemas.

Fonte: Adaptado de Kolb (1984)

Em cada um dos quatro estágios apresentados na Tabela 1, há um tipo específico de aprendizagem: experimentar, refletir, pensar e fazer. Assim, a avaliação é indispensável em cada uma das etapas para assegurar que a transição de uma etapa para outra seja feita com garantias de que a aprendizagem do aluno ocorreu, além de ser útil em todo o processo de ensino-aprendizagem.

2.5 Avaliação

Avaliação é o que possibilita verificar se os objetivos do ensino planejado e implementado promoveram a aprendizagem que se esperava do aluno, devendo ser um retorno ao aluno de sua evolução no conteúdo. A concepção da avaliação deve-se apoiar no referencial teórico e as modalidades avaliativas empregadas devem ser coerentes com esses fundamentos. Moreira (2011, p. 51) afirma que “a avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, porque o que se deve avaliar é a compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não conhecidas e não rotineiras”.

Para verificar a aprendizagem significativa, o indivíduo deve apresentar de forma clara e precisa a posse dos significados dos conceitos. No entanto, deve-se ter cuidado com testes que visam avaliar o conhecimento, pois podem obter respostas mecanicamente memorizadas. Durante a sua formação científica o aluno pode se habituar a realizar exames, com isso acaba decorando fórmulas, exemplos ou explicações. Com a finalidade de avaliar o real aprendizado de um aluno, devem-se apresentar progressivamente situações novas e não familiares, de forma que ele consiga transferir o seu conhecimento (MOREIRA, 2004).

Pode-se concluir que para a ocorrência da aprendizagem significativa, deve-se apresentar ao aluno um material potencialmente significativo, ou seja, que proporcione uma aprendizagem

não arbitrária e não literal da nova informação. Além disso, para facilitar a ocorrência da diferenciação progressiva, é necessário que aspectos mais amplos e relevantes do conteúdo sejam trabalhados, de forma a diferenciar em profundidade e especificidade.

Assim, a reconciliação integradora deverá ser explorada através da busca de relações entre os conceitos ou proposições, de forma a apontar suas similaridades ou diferenças (MOREIRA, 2004, p. 161).

Na teoria da aprendizagem significativa “a melhor maneira de evitar a simulação é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido” Ausubel (1982) e a avaliação cumpre este papel.

2.6 Trajetórias de Aprendizagem (TA)

De acordo com Oliveira *et al.* (2014), trajetórias de aprendizagem descrevem os caminhos trilhados por estudantes quando interagem em um ambiente virtual de ensino. Por sua vez, Tafner, Tomelin e Müller (2012), definem trilhas de aprendizagem que se entendem como sendo trajetórias aos caminhos virtuais para o desenvolvimento intelectual que promovem e desenvolvem competências.

A TA é a sequência de conteúdo e atividades definidas pelo professor, ao planejar sua disciplina e, posteriormente, disponibilizá-la no ambiente virtual; ou é aquela percorrida pelo aluno, durante a sua interação com recursos disponibilizados no ambiente virtual de aprendizagem. Também são referenciadas como: caminhos de aprendizagem, percurso de aprendizagem e em língua inglesa: *learning path*, *learning route*, *learning itineraries* (RAMOS *et al.*, 2015).

Identificar as trajetórias adotadas pelos alunos por meio de análises navegacionais gera resultados que podem ser importantes, contribuindo para a realização de ajustes dos materiais de aprendizagem, adequando-os conforme as características de aprendizagem dos estudantes (ALTHOFF E FADEL, 2016). Desta forma, pode-se considerar que as trajetórias de aprendizagem, além de representar os caminhos seguidos por estudantes, são também um caminho para detectar problemas e meios para aprimorar a aprendizagem (RAMOS *et al.*, 2015).

Canto *et al.* (2014), definem trajetórias de aprendizagem como uma “metáfora que considera o objeto de aprendizagem similar a um caminho que conecta conceitos: o ponto de partida é um conjunto de conceitos e proposições presumidamente conhecidos pelo estudante

e o ponto de chegada é o conjunto de conceitos e proposições relacionados aos objetivos educacionais”.

Em termos de Trajetórias de Aprendizagem, a presente tese apropria-se do Modelo de Trajetória de Aprendizagem Conceitual (MOTRAC). Modelo esse de trajetória de aprendizagem proposto por Canto (2015), definido como sendo um processo de aprendizagem que ocorre através do estabelecimento progressivo do relacionamento entre os conceitos previamente conhecidos e os novos conceitos. O MOTRAC apresenta três elementos essenciais apresentados a seguir:

Pontos de chegada: onde estão dispostos os elementos que representam as coordenadas cognitivas desconhecida relacionadas aos objetivos educacionais primários no contexto de ensino e aprendizagem que está sendo modelado.

Pontos de partida: onde estão dispostos os elementos que representam as coordenadas cognitivas presumidamente conhecidas pelo estudante que se relacionam direta ou indiretamente com os objetivos educacionais primários.

Pontos de passagem: onde estão dispostos os elementos visuais que relacionam direta ou indiretamente os pontos de partida com os pontos de chegada.

Fazendo uma associação entre o princípio da teoria da aprendizagem Significativa de David Ausubel, que tem como fundamento aquilo que o aluno já sabe (subsunção) para com isso o professor basear os seus ensinamentos, e este último conceito de TA apresentado por Canto *et al.* (2014), busca-se nesta tese estudar os percursos para a aprendizagem do princípio fundamental da hidrostática com suporte em um simulador.

As TAs vêm sendo trabalhadas por vários autores com o principal propósito de entender os caminhos percorridos para que o aprendiz melhor entenda determinado conceito ou conteúdo.

Canto (2015) destaca dois conceitos fundamentais: o de eficácia⁴ e eficiência⁵ que dizem respeito ao alcance dos objetivos da aprendizagem com o menor esforço possível, entretanto, há que tomar em conta os estilos de aprendizagem de cada aluno, pois todo o aprendiz apresenta um ritmo único no processo de aprendizagem. O ideal neste processo seria que todos os alunos adquirissem os conhecimentos planejados em determinado tempo previsto

⁴ *Eficácia* é definida como a extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados alcançados.

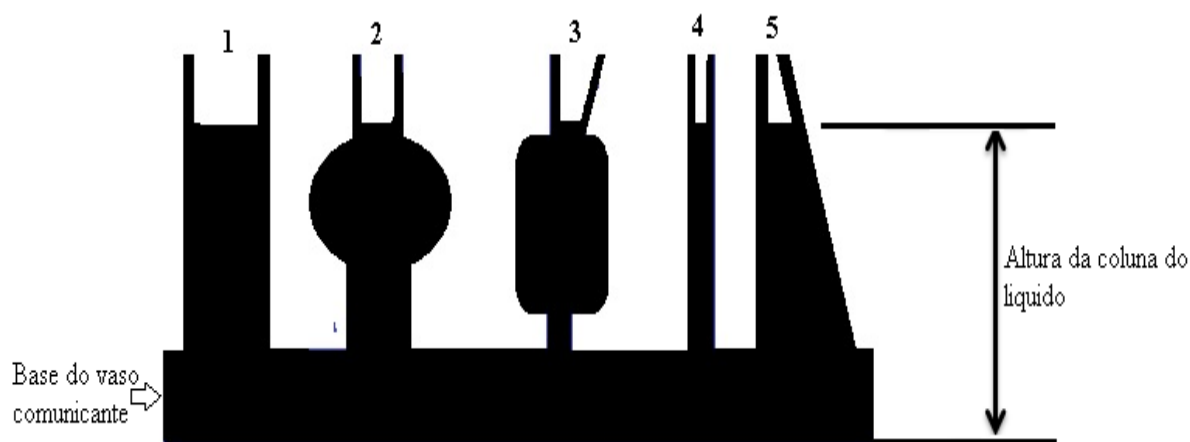
⁵ *Eficiência* é a relação entre o resultado alcançado e os recursos utilizados (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

pelo programa/professor. Isso remete à formulação de um novo conceito: o de trajetória ideal de aprendizagem (TIA).

2.6.1 Trajetória Ideal de Aprendizagem

Para se formular este conceito de TIA, inicialmente será apresentada uma analogia metafórica com vasos comunicantes⁶. Ao se observar cada recipiente (1, 2, 3, 4 e 5) da Figura 2, verifica-se que têm forma e volume diferentes e que existe na base do sistema um canal que comunica todos os vasos ou recipientes.

Figura 2- Vasos comunicantes



Quando for introduzido algum líquido homogêneo a partir de um dos vasos, este se espalha pela base do vaso comunicante até que esta fique completamente cheia. Por sua vez, este líquido sobe por cada um dos cinco vasos apresentados na Figura 2. Quando se atinge o *equilíbrio hidrostático*⁷, a coluna do líquido fica ao mesmo nível em todos os recipientes.

Nessa analogia metafórica no sistema do vaso, os recipientes seriam os alunos onde a forma e o volume próprio de cada recipiente seriam comparados ao perfil de cada aluno.

O canal que comunica todos os vasos ou recipientes seria comparado ao professor, que tem o papel de facilitador ou mediador entre aluno e conteúdo no processo ensino-aprendizagem. Por sua vez, o líquido que é inserido no sistema seria comparado ao conteúdo novo a ser aprendido de aprendizagem pelo aluno. Nesta analogia atingir o equilíbrio

⁶ *Vasos comunicantes* é o nome dado a um conjunto de recipientes que contêm um líquido homogêneo: quando um líquido é depositado neste recipiente, o nível alcançado por ele nos dois ramos é sempre o mesmo (OLIVEIRA E MORS, 2009)

⁷ Diz-se que um fluido atingiu o *equilíbrio hidrostático* quando ele estiver em repouso, isto é, quando a velocidade de escoamento não mudar ao longo do tempo em todos os pontos do fluido. (OLIVEIRA e MORS, 2009)

hidrostático seria o mesmo que alcance dos objetivos educacionais previstos para determinado conteúdo.

Em um vaso comunicante, se determinado vaso estiver com alguma obstrução a passagem do fluido, evidentemente que ele não irá atingir o mesmo nível dos outros, ou não irá encher no tempo previsto. Deste modo, há necessidade de se identificar a tal obstrução e retirá-la de modo a que o fluido possa alcançar o equilíbrio hidrostático naquele vaso, igualando-se desta maneira aos outros vasos que fazem parte do sistema. Voltando para a nossa analogia metafórica, caso o aluno tenha algum problema que não permita que o conhecimento atinja o nível desejado, cabe ao professor e/ou o aluno identificar tal problema que pode ser de várias ordens, desde econômica, social, cultural, cognitiva, entre outros, e com isso, procurar encontrar a solução para que esse problema seja sanado, criando deste modo as condições iniciais para permitir que a aprendizagem ocorra naturalmente.

Para se confirmar o equilíbrio hidrostático é necessário medir as alturas dos recipientes e para tal pode-se usar vários instrumentos de medição de comprimento. No caso do processo ensino-aprendizagem esse instrumento ou ferramenta de medição seria a avaliação.

Em síntese, as TIA, são os caminhos que conectam conceitos, respeitando aquilo que o aluno já sabe e o que se pretende que ele saiba no final do processo ensino-aprendizagem, levando em conta o perfil de cada aluno e o tempo previsto para que a aprendizagem ocorra, que é o tempo apresentado na planificação de cada conteúdo.

Na prática, todos os alunos possuem um ritmo de aprendizagem diferenciado, uns são mais lentos e outros mais rápidos, pois estes possuem o seu próprio estilo de aprendizagem e apresentam conhecimentos prévios oriundos de situações ambientais diversas. Por conta disso, dificilmente uma TIA ocorre, entretanto, cabe ao professor buscar formas diferenciadas para atender as necessidades de todos os alunos, independente da capacidade de aprendizagem de cada um.

Conhecendo os seus alunos e criando situações de aprendizagem personalizadas, o professor potencializa os pontos fortes e ajuda nas dificuldades destes, acabando por preencher aos poucos as suas lacunas. Sabendo os conhecimentos prévios e respeitando os estilos de aprendizagem de cada aluno, o professor pode ter um rendimento igual ou próximo a 100% que se prevê na TIA.

2.6.2 Trajetória Hipotética de Aprendizagem

A Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) foi proposta por Simon (1995), e pode ser utilizada pelo professor oferecendo-lhe a possibilidade de construir seu próprio projeto de

decisões, com base em suas melhores suposições de como o conhecimento pode ser construído em sala de aula. De acordo com o autor:

“Trajetória hipotética de aprendizagem” se refere à previsão do professor do caminho pelo qual a aprendizagem deve ocorrer. É hipotético porque a trajetória real de aprendizagem não é conhecida previamente. Ela caracteriza uma tendência esperada. A aprendizagem individual dos estudantes ocorre de forma particular, embora frequentemente em caminhos similares. Uma trajetória hipotética de aprendizagem fornece ao professor uma análise racional para escolher um projeto instrucional particular; assim, eu tomo as suas decisões baseadas nas suas melhores suposições de como a aprendizagem pode acontecer” (SIMON, 1995, p. 135.)

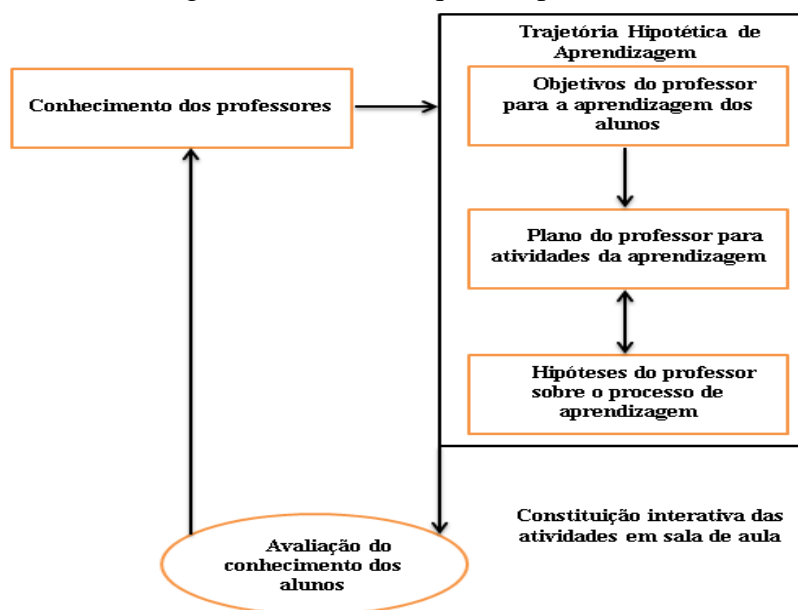
Para o autor, durante o desenvolvimento da THA com os alunos, um objetivo inicial planejado pode ser modificado. Quando os alunos se engajam nas atividades planejadas, os professores devem estar atentos às considerações dos alunos, nas quais eles expressam seu entendimento sobre o conceito em estudo. O ambiente de aprendizagem inclui a interação entre o professor e os alunos e os resultados dessa interação.

Segundo Simon (1995), a THA é composta por três elementos fundamentais:

- i) O objetivo do professor com direções definidas para a aprendizagem de seus alunos;
- ii) As atividades de ensino;
- iii) O processamento hipotético da aprendizagem (uma suposição de como o pensamento e o entendimento dos alunos serão colocados em ação no contexto das atividades).

A criação das possibilidades de modificações de trajetória hipotética de aprendizagem é a parte central do modelo representado no diagrama da Figura 3.

Figura 3- Elementos que compõem a THA



Simon *et al.* (2004) identificaram três tipos de tarefas com potencial para auxiliar os alunos na construção de um novo conceito, ou seja, para a compreensão, na perspectiva da reflexão sobre a relação atividade-efeito.

- i) **Tarefas iniciais:** são as tarefas que podem ser realizadas por estudantes que usam seu conhecimento prévio.
- ii) **Tarefas de reflexão:** são tarefas que permitem que os alunos reflitam sobre ela própria relacionando-a com tarefas já desenvolvidas, de modo a gerar abstração de regularidades na relação atividade-efeito
- iii) **Tarefas de antecipação:** são as tarefas realizadas durante uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem e para a sua realização requerem que o aluno produza uma abstração de regularidade na relação atividade-efeito.

As tarefas iniciais são usadas para a criação e o reconhecimento de certas experiências, as tarefas reflexivas são para direcionar a atenção dos alunos para a relação atividade-efeito, e as tarefas de antecipação têm o intuito de levar os estudantes a identificar e analisar regularidades. Quando os alunos classificam e comparam são levados à identificação de padrões, isto é, as relações entre a atividade e os efeitos. Neste sentido esta ação descreve a construção de um novo conceito, pois tenta operacionalizar “os estágios de desenvolvimento” e sua “reconstrução”.

Para esta pesquisa, optou-se por traçar uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem onde foram planejadas aulas sobre a Hidrostática usando a Teoria da Aprendizagem Significativa como suporte. Para tal, fez-se o levantamento dos subsunçores e usou-se um simulador como proposta de material potencialmente significativo com um roteiro para elaboração de um relatório previamente concebido para o efeito, na tentativa de promover uma TIA.

2.7 Trabalhos Relacionados

Para o embasamento deste trabalho foi realizada uma revisão sistemática de literatura (RSL) objetivando-se buscar uma resposta para a seguinte questão de pesquisa: *Como medir a qualidade de simuladores de Física, tendo como base um modelo de avaliação robusto e reconhecido em nível internacional, no contexto dos processos de ensino-aprendizagem?* O contexto da questão de pesquisa foi definido por critérios PICOC⁸ (População, Intervenção, Comparação, Resultado, Contexto) de Petticrew e Roberts (2008), sendo:

⁸ No original em inglês, acrônimo de *Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*.

- i) **População:** simuladores de Física.
- ii) **Intervenção:** avaliação quali-quantitativa com base na Norma **ISO/IEC 25010**.
- iii) **Comparação:** características e subcaracterísticas de qualidade.
- iv) **Resultado:** Avaliação quali-quantitativa de simuladores de Física.
- v) **Contexto:** processos de ensino e aprendizagem de Física.

As fontes de busca definidas foram os seguintes indexadores acadêmicos: *ACM Digital Library*, *El Compendex*, *Google Scholar*, *IEEE Digital Library*, *ISI Web of Science*, Periódicos CAPES, *Science@Direct*, *Scopus* e *SpringerLink*⁹. As palavras-chave selecionadas foram: 25010, Física e Simulador, em inglês, português e espanhol. Para o *Google Scholar*, foi acrescentada a palavra-chave Qualidade, nos mesmos idiomas, para refinar a busca. As strings de busca com essas palavras-chave são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Strings de busca da revisão sistemática da literatura

<p>Indexadores acadêmicos tradicionais: ("25010" AND ("Physics" OR "Física") AND ("Simulator" OR "Simulador")) Google Scholar: ("25010" AND ("Physics" OR "Física") AND ("Simulator" OR "Simulador")) AND ("Quality" OR "Qualidade")</p>
--

Somente um critério de inclusão foi utilizado: ser estudo relacionado à avaliação da qualidade de simuladores de Física pela Norma ISO/IEC 25010. Foram adotados como critérios de exclusão, por sua vez: (a) estudos duplicados; (b) estudos em outros idiomas diferentes dos definidos e (c) estudos não disponíveis para acesso. Não foi utilizada a data de publicação como critério de exclusão. Na seleção preliminar, foram encontrados 31 estudos: 16 no *Google Scholar*, 7 no *Scopus*, 7 no *SpringerLink* e 1 no *ACM Digital Library*. Nenhum estudo foi encontrado no *El Compendex*, no *IEEE Digital Library*, no *ISI Web of Science*, no *Science@Direct* e nos Periódicos CAPES.

Seis estudos foram imediatamente eliminados do *Google Scholar* por duplicidade (critério de exclusão). *Scopus* e *SpringerLink* encontraram exatamente os mesmos estudos, sendo essas duplicidades também eliminadas. Restaram para leitura, portanto: 10 estudos buscados pelo *Google Scholar*, 7 pelo *Scopus* e 1 pelo *ACM*. Nesta fase, todos estudos buscados pelo *Scopus* e pelo *ACM* foram eliminados, uma vez que o número 25010 não se referia à Norma ISO/IEC.

⁹ Endereços: <<http://portal.acm.org>, www.engineeringvillage.com, <https://scholar.google.com.br>, <http://ieeexplore.ieee.org>, <http://www.isiknowledge.com>, www.sciencedirect.com, www.scopus.com, <http://link.springer.com>, www.periodicos-capes.gov.br, [ez1.periodicos.capes.gov.br](http://www.ez1.periodicos.capes.gov.br) >

Todos os estudos lidos do *Google Scholar* referem-se à Norma ISO/IEC 25010. Porém, seis não tratam nem de simuladores, nem de Física. Um estudo trata de simuladores e da Norma, mas só a cita para capturar definições, não como modelo de referência de avaliação. Outro estudo teórico sobre modelos, técnicas e instrumentos de avaliação de softwares educacionais, cita a Norma 25010 como um modelo de referência, citando também simuladores como um tipo de software educacional. Os dois últimos, que tratam especificamente da Norma ISO/IEC 25010 e de simuladores, mas não tratam diretamente da área da Física, são apresentados a seguir como trabalhos relacionados.

2.7.1 Trabalhos relacionados com a Norma ISO/IEC 25010 e simuladores

Silva (2015) discorreu, em sua dissertação de mestrado, sobre o desenvolvimento e a implantação do Sistema de Aplicação do Processo de Enfermagem (SISAPENF). Esse sistema inclui um simulador de casos realísticos. A ISO/IEC 25010 foi utilizada para orientar o processo de validação do mesmo, do qual participaram 10 enfermeiros e 11 profissionais de Informática.

Oliveira (2015) desenvolveu uma tese na qual propôs um projeto arquitetônico orientado a serviços para sistemas robóticos. Durante etapas de desenvolvimento, simuladores foram utilizados para reduzir custos, aumentar a produtividade e aumentar a confiabilidade dessa classe de sistemas. Para avaliar a qualidade em uso dos serviços proporcionados, solicitou aos usuários que avaliassem atributos de qualidade baseados na Norma 25010 em uma escala Likert de 5 níveis: (1) insatisfatório; (2) necessita melhorias; (3) regular; (4) bom e (5) excelente.

2.7.2 Outros trabalhos relacionados a modelos de referência

Herpich *et al.* (2019) desenvolveram o Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (MAREEA) com a finalidade de avaliar a qualidade de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel. Esse modelo agrupa as dimensões da qualidade em quatro fatores: Usabilidade, Engajamento, Motivação e Metodologias Ativas. A Usabilidade é claramente inspirada na ISO/IEC 25010, sendo que os autores a desdobraram em dimensões da aprendizagem, da operacionalidade, da acessibilidade, da prevenção de erros e da estética. O Engajamento relaciona-se com a qualidade externa e a qualidade em uso, agregando dimensões de estética, aceitabilidade, envolvimento, novidade e atenção focada. A Motivação, por sua vez, especificamente com a qualidade em uso por meio das dimensões da atenção focada, relevância, confiança e satisfação. A Aprendizagem Ativa está diretamente ligada à qualidade em uso relacionada à dimensão da efetividade e à

adequação ao uso nas dimensões do desafio, do *feedback*, da segurança e da complexidade. A ausência de avaliação da acurácia, da eficiência de desempenho (tempo, recursos, capacidade), da capacidade de ser instalado, do conforto, da mitigação de riscos econômicos, à saúde e à segurança diminuem a capacidade de adaptar esse modelo a necessidades de avaliação de simuladores de Física para fins educacionais.

Soad (2017) apresenta o método MoLEva (*Mobile learning Evaluation*) desenvolvido para avaliar a qualidade de aplicativos educacionais móveis, o qual é composto por um modelo de qualidade, métricas e critérios de julgamento. Seu modelo de qualidade é dividido, inicialmente, em três categorias: Técnica, Pedagógica e Social. A Categoria Técnica reúne as características de avaliação da qualidade externa da Norma ISO/IEC 25010, com exceção da viabilidade de manutenção, que o autor não considerou necessário incluir. As categorias Pedagógica e Social permitem avaliações especializadas de adequação funcional e de qualidade em uso relacionada a requisitos pedagógicos e sociológicos, respectivamente. Uma limitação indesejada para avaliação de simuladores de Física é seu foco em aplicativos móveis, uma vez que esses também podem ser disponibilizados em plataformas Web ou *desktop*. Outro ponto questionável é a criação das categorias Pedagógica e Social (que absorvem características de adequação funcional) permanecendo, concomitante, avaliação funcional na Categoria Técnica. Se o objetivo é especializar as funcionalidades em pedagógicas e sociais, talvez fosse mais adequado remover a adequação funcional na Categoria Técnica, a fim de evitar que itens semelhantes sejam avaliados em duplicidade, possivelmente com resultados conflitantes, em categorias diferentes.

Diferente do modelo MAREEA de Herpich *et al.* (2019) e do método MoLEva de Soad (2017) que especializam itens pedagógicos e sociológicos, o MAPHYSE distribui os objetivos educacionais em cada item de avaliação por meio de requisitos de qualidade focados em objetivos de aprendizagem. As vantagens dessa abordagem são: (a) adesão às características originais propostas pela Norma ISO/IEC 25010 e (b) eliminação de potenciais sobreposições avaliativas e consequentes conflitos entre a avaliação da adequação funcional e a avaliação de aspectos pedagógicos e sociais, visto que tratam dos mesmos aspectos: funcionalidades. Outros aspectos que diferenciam o MAPHYSE do MAREEA e do MoLEva são (i) Apesar de ser apresentado como um modelo de avaliação, o MAREEA inclui aspectos metodológicos que vão além da avaliação do software. Trata-se, portanto, de um método de avaliação de aplicativos móveis em realidade aumentada com foco em metodologias ativas e (ii) O MoLEva, por sua vez, é apresentado como um método de avaliação que possui um modelo, o qual é restrito a aplicativos móveis e exige avaliações de aspectos sociológicos. O MAPHYSE não

inclui aspectos metodológicos, nem sociológicos, nem se restringe a aplicativos móveis: tem a finalidade de avaliar simuladores de Física, em quaisquer plataformas, em relação a objetivos educacionais, os quais são devidamente especificados e distribuídos em seus requisitos de qualidade.

2.7.3 Trabalhos relacionados a simulações e laboratórios virtuais no PEA

Os recentes desenvolvimentos de instrumentos em tecnologias virtuais, medição remota, sistemas distribuídos e ambientes educativos interativos mudaram muito a abordagem convencional de ensino e a experimentação prática em qualquer nível educacional, desde escolas de ensino técnico ou médio a cursos acadêmicos de graduação (TOMIC, 2012).

Cardoso (2011), fundamentado em Ausubel, elaborou uma sequência de atividades caracterizada pelo uso de simulações computacionais no ensino de Física a partir do efeito fotoelétrico, permitindo que os alunos visualizassem e interagissem com fenômenos físicos difíceis de serem reproduzidos no laboratório. A sequência consistiu do pré-teste, organizadores avançados, simulação computacional usando um roteiro de atividades, organizadores explicativos, e teste de avaliação final aplicado aos alunos do Ensino Médio. Concluiu-se que a maioria dos alunos, participando das atividades, compreendeu os conceitos gerais relacionados ao fenômeno. O autor acredita que o uso de simulações computacionais contribuiu significativamente para este resultado.

Os autores Dos Santos e Dickman (2019) problematizam o ensino de Física na Educação Básica, alegando que a apresentação de conteúdos pelo professor e resolução de exercícios, em geral, acontecem sem a realização de práticas em laboratório ou o uso de tecnologias no ensino. Esses fatores contribuem para deixar a Física desestimulante e sem sentido para os estudantes, criando altos índices de reprovação, tanto no ensino médio como no ensino superior. No seu trabalho, os autores relatam o processo de elaboração e aplicação de um roteiro de atividades para professores do ensino médio consistindo de estratégias para o ensino de tópicos de eletricidade por meio de uso de laboratórios reais e virtuais.

Foram testadas quatro estratégias diferentes com alunos do terceiro ano do ensino médio, as quais tinham como objetivo identificar qual seria mais efetiva para ensinar circuitos elétricos e a Lei de Ohm. Cada estratégia foi caracterizada por uma sequência específica de abordagem, tais como aulas expositivas, simulações computacionais ou atividades experimentais, para discutir o tópico. Os resultados indicam que a abordagem experimental, seja virtual ou real, apresenta uma vantagem significativa sobre as aulas teóricas, reforçando a importância da utilização de atividades experimentais na sala de aula.

Barbosa *et al.* (2017) discutiu as metodologias voltadas para o uso de simuladores via *smartphone* no ensino de conceitos e fenômenos físicos estudados na disciplina de Ciências Naturais nas séries finais do ensino fundamental, como exemplo, utilizaram temas de óptica. Muitos docentes enfrentam o problema do uso impróprio de celulares *smartphones* pelos alunos durante as aulas, pois os mesmos acabam sendo motivo de perda de foco (distração pelo excesso de estímulos proporcionados por estes aparelhos). A proposta dos autores foi de expor exemplos de como utilizar esta tecnologia inovadora de forma pedagógica no ensino de Ciências através de simuladores interativos. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica referente às teorias de aprendizagem e pesquisas voltadas para o uso destas tecnologias midiáticas no ensino. Objetivou-se assim, dar aos conteúdos de Física abordados no ensino fundamental um caráter menos abstrato, assim como, proporcionar ao discente um papel mais ativo e interativo no processo ensino-aprendizagem.

Guillermo (2016) teve como objetivo o desenvolvimento de um Laboratório Virtual de Aprendizagem (LVA) - Hidrolândia e a avaliação do seu impacto em termos de aprendizagem, aplicado em disciplinas de Mecânica dos Fluidos e Hidráulicos, na graduação de cursos de Engenharia, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, onde existe laboratório experimental de hidráulica.

A pesquisa foi realizada através do uso do LVA, envolveu um total de 414 alunos, pertencentes a três cursos de Engenharia, participaram da pesquisa, sendo esta desenvolvida no período de 2012/2 a 2015/1. Duas turmas foram mantidas como controle, não tendo realizado o LVA; porém, tendo realizado o teste teórico para posterior análise com relação à aos alunos que utilizaram o LVA. A análise dos resultados estatísticos mostrou que houve uma grande aceitação do uso do LVA, manifestado pelos alunos no questionário de avaliação e um significativo ganho no processo de aprendizagem, na comparação das notas finais e dos testes de conhecimento. A nota média no teste de conhecimentos dos alunos que utilizaram o LVA foi significativamente superior aos que não o utilizaram.

Foi estatisticamente comprovado que o perfil de conceitos dos alunos que utilizaram o laboratório virtual é diferente do perfil dos que não o utilizaram e, em função dos percentuais maiores em conceitos "A" e "B", a diferença é no sentido de melhorar o desempenho daqueles que o utilizaram.

A tese de Herpich (2019) teve como objetivo apresentar o potencial da realidade aumentada para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial, com destaque a aprendizagem de Física. Para tanto, foram desenvolvidos recursos multimídia no formato de

simulações tridimensionais em um aplicativo móvel de realidade aumentada, buscando oportunizar interações com fenômenos físicos.

Foi realizado um estudo quasi-experimental com estudantes da educação básica (ensino fundamental e ensino médio), que realizaram pré e pós-teste de habilidade de visualização espacial para avaliar a intervenção com o aplicativo (AVATAR UFRGS) e o uso dos seus recursos educacionais aumentados. Para embasar a relevância educacional, professores em formação foram consultados, afirmando a utilidade pedagógica e possibilidades de interações, validação de hipóteses, experiências de aprendizagem autênticas e fidedignas ao mundo real. Também foram analisadas as percepções dos estudantes, obtendo uma avaliação positiva quanto aos recursos educacionais aumentados para a aprendizagem de Física.

A partir da análise dos resultados, foi possível constatar os benefícios práticos das interações realizadas pelos estudantes com o aplicativo, ao se observar que a interação com os recursos educacionais aumentados tem correlação com o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial e com a aprendizagem de Física.

O simulador desenvolvido nesta pesquisa foi avaliado com base no MAPHYSE e comparado com outro simulador que se propõe a simular algo similar. Posteriormente aplicados para ajuizamento da sua contribuição no PEA. Essa aplicação foi feita tanto no modelo de ensino presencial, assim como no modelo de ensino à distância.

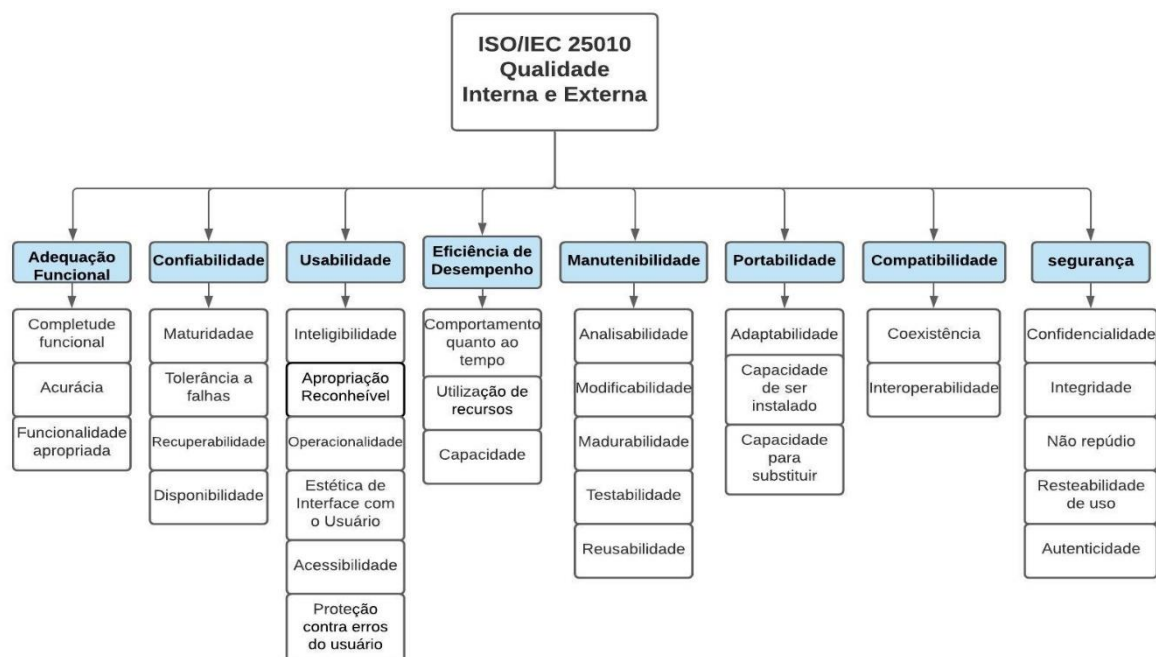
Assim, no Próximo capítulo apresenta-se a Norma ISO/IEC 25010 que foi a norma de base usada para se criar o MAPHYSE.

3. NORMA ISO/IEC 25010 (2011)

A ISO/IEC 25010 (2011) é uma Norma Internacional que especifica, dentre outras coisas, características de qualidade de software sob variados pontos de vista. As características de qualidade interna especificam o nível de qualidade requerido sob o ponto de vista interno do produto, observando seu código. Para a qualidade externa, especificam o nível de qualidade requerido sob o ponto de vista externo, sem observar seu código. Para a qualidade em uso, especificam o nível de qualidade requerido sob o ponto de vista do usuário, sob um ponto de vista operacional.

A Norma agrupa as características de qualidade interna e externa, conjuntamente, em oito classes: Adequação Funcional, Confiabilidade, Usabilidade, Eficiência de Desempenho, Manutenibilidade, Portabilidade, Compatibilidade e Segurança. Cada uma possui um conjunto próprio de subcaracterísticas, conforme ilustra o diagrama hierárquico da Figura 4. A seguir, serão apresentadas cada uma dessas subcaracterísticas, contextualizadas nos simuladores de Física para finalidades pedagógicas. Essa contextualização foi realizada focando-se na relação entre os simuladores de Física e objetivos de aprendizagem através de atributos e requisitos de qualidade devidamente especificados para essa finalidade.

Figura 4 - Características e subcaracterísticas de qualidade interna e externa de software conforme a Norma ISO/IEC 25010



Fonte - ISO/IEC 25010 (2011)

A **adequação funcional** é uma medida de funções disponibilizadas pelo simulador que satisfazem necessidades de aprendizagem. Possui três subcaracterísticas:

i) A **completude funcional** trata da possibilidade de executar as funcionalidades necessárias para realizar todos os objetivos de aprendizagem.

ii) A **acurácia** refere-se à capacidade de prover, com o grau de precisão necessário, resultados ou efeitos corretos ou conforme acordado. Para medir a acurácia deve-se responder a seguinte questão: *O simulador gera resultados corretos?*

iii) A **funcionalidade apropriada** indica qual o grau em que as funções do sistema facilitam a realização de tarefas e objetivos para os quais o sistema foi especificado.

A **confiabilidade** mede quanto o simulador mantém, ao longo do tempo, um comportamento consistente com o esperado. Possui quatro subcaracterísticas:

i) A **maturidade** trata da medida da frequência com que o software apresenta defeitos.

ii) A **tolerância a falhas** refere-se à forma como o software reage quando em situação anômala.

iii) A **recuperabilidade** refere-se à capacidade de recuperar dados e colocar-se novamente em operação após uma situação de desastre.

iv) A **disponibilidade** refere-se ao quanto o software está operacional e disponível para uso quando se tornar necessário.

A **usabilidade** é uma medida de quanto os atributos do simulador permitem que o mesmo seja apreendido e usado de forma atraente pelos alunos. Possui seis subcaracterísticas:

i) A **inteligibilidade** tem relação com o grau de facilidade que um usuário tem em entender os conceitos chave do software e assim tornar-se competente no seu uso.

ii) A **apropriação reconhecível** mede o grau em que os usuários reconhecem que o produto é apropriado para suas necessidades.

iii) A **operacionalidade** avalia o grau no qual o produto é fácil de usar e controlar.

iv) A **estética de interface com o usuário** avalia o grau em que a interface com o usuário proporciona prazer e uma interação satisfatória.

v) A **acessibilidade** avalia o grau em que o produto foi projetado para atender a usuários com necessidades especiais.

vi) A **proteção contra erro de usuário** avalia o grau em que o produto foi projetado para evitar que o usuário possa cometer erros.

A **eficiência de desempenho** é uma medida de tratamento do simulador em relação a otimização de uso de recursos, de tempo e espaço. Possui três características:

i) O **comportamento quanto ao tempo** mede o tempo que o software leva a processar as suas funções.

ii) A **utilização de recursos** normalmente associada a espaço de armazenamento ou a memória, a eficiência de recursos também pode ser associada a outros recursos como por exemplo, banda de transmissão de rede.

iii) A **capacidade** avalia o grau em que os limites máximos do produto atendem aos requisitos.

A **manutenibilidade** mede a facilidade com que o simulador permite a realização de alterações em seu código para evoluí-lo, detectar e corrigir seus erros. Possui cinco subcaracterísticas:

i) A **analísabilidade** permite encontrar defeitos (depurar) facilmente quando erros ou falhas ocorrem.

ii) A **modificabilidade** tem relação com a facilidade que o sistema oferece para que os erros sejam corrigidos quando detectados sem que as modificações introduzam novos defeitos, ou degradando sua modificação interna.

iii) A **modularidade** avalia o grau em que o sistema é subdividido em partes lógicas coesas, de forma em que mudanças em uma dessas partes tenha impacto mínimo em outras.

iv) A **testabilidade** mede a capacidade de se realizar testes de regressão.

v) A **reusabilidade** avalia o grau em que as partes do sistema podem potencialmente ser usadas para construir outros sistemas.

A **portabilidade** mede o grau com que o simulador pode, efetivamente, ser transferido de um ambiente de hardware ou software para outro. Possui três subcaracterísticas:

i) A **adaptabilidade** avalia o quanto é fácil adaptar o software a outros ambientes sem a necessidade de aplicar ações ou meios além daqueles fornecidos com o próprio software.

ii) A **capacidade de ser instalado** avalia a facilidade de se instalar o software.

iii) A **capacidade de substituir** avalia o grau em que o sistema pode substituir outro no mesmo ambiente e com os mesmos objetivos.

iv) A **compatibilidade** mede o grau com que dois ou mais sistemas ou componentes podem trocar informações e realizar suas funções requeridas enquanto compartilham o mesmo ambiente de hardware ou de software. Possui duas subcaracterísticas: coexistência e interoperabilidade.

v) A **coexistência** avalia o grau no qual o produto pode desempenhar as funções requeridas eficientemente enquanto compartilha ambiente e recursos comuns com outros produtos sem impacto negativo aos mesmos.

vi) A **interoperabilidade** avalia o grau no qual o software é capaz de interagir com outros sistemas com os quais se espera que ele interaja.

A **segurança** mede o grau com que as funções e os dados são protegidos de acessos não autorizados e o grau em que são disponibilizados para acessos autorizados. Possui cinco subcaracterísticas:

i) A **confidencialidade** avalia o grau em que as informações e funções do sistema estejam acessíveis por quem tenha a devida autorização para isso.

ii) A **integridade** avalia o grau em que os dados e funções do sistema são protegidos contra acesso por pessoas ou sistemas não autorizados.

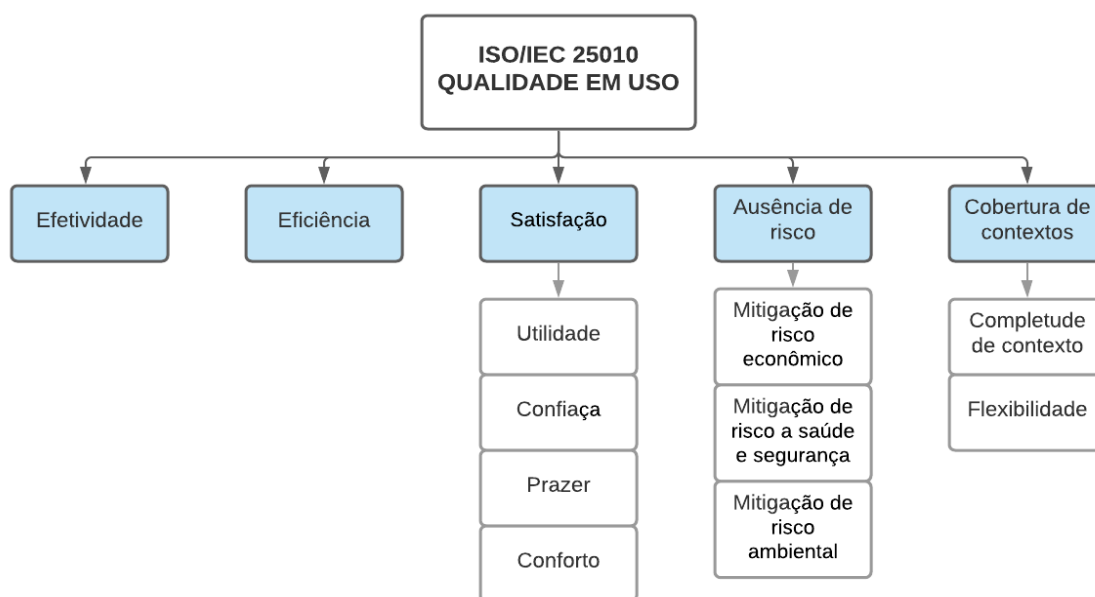
iii) O **não-repúdio** avalia o grau em que o sistema permite constatar ações ou acessos que foram efetivamente feitos de forma que não possam ser posteriormente negados.

iv) A **rastreabilidade de uso** avalia o grau em que as ações realizadas por uma pessoa ou sistema podem ser rastreadas de forma a comprovar que foram efetivamente realizadas por esta pessoa ou sistema.

v) A **autenticidade** avalia o grau em que a identidade de uma pessoa ou recurso seja efetivamente aquela que se diz ser.

Já a **qualidade em uso** é dividida em cinco características: efetividade, eficiência, satisfação, ausência de risco e cobertura de contextos, conforme mostra o diagrama hierárquico da Figura 5. Seguem apresentações dessas características, também contextualizadas nos simuladores de Física para finalidades pedagógicas.

Figura 5 - Características e subcaracterísticas de qualidade de software em uso conforme a Norma ISO/IEC 25010



A **efetividade** mede a capacidade do simulador propiciar que os alunos atinjam os objetivos da aprendizagem (conforme reais necessidades de cada um). Na característica da **eficiência**, mede-se o grau com que simulador funciona de forma correta e completa, com uso adequado dos recursos, fornecendo resultados da aprendizagem aos alunos, conforme o especificado.

A Norma não estabelece características tanto em relação à efetividade quanto em relação à eficiência.

A **satisfação** mede a capacidade de o simulador satisfazer as necessidades mínimas dos alunos ao utilizá-lo. Possui quatro subcaracterísticas:

- i) A **utilidade** mede o grau em que o aluno está satisfeito com o alcance de resultados práticos da aprendizagem.
- ii) A **confiança** considera o grau em que o usuário ou as partes interessadas têm confiança de que o simulador de software terá o comportamento esperado.
- iii) O **prazer** avalia o quão prazeroso são as atividades de aprendizagem ao se utilizar o simulador.
- iv) O **conforto** refere-se ao grau em que o aluno se sente confortável em relação ao esforço físico e mental ao utilizar o simulador.

A **ausência de riscos** mede o grau em que o simulador minimiza riscos potenciais. Possui três subcaracterísticas:

- i) A **mitigação de risco econômico** mede o grau em que o simulador mitiga riscos potenciais relacionados a custos fixos, variáveis, legais e outros potenciais custos.
- ii) A **mitigação de risco à saúde** refere-se ao grau em que o simulador mitiga os riscos em potencial relacionados à saúde dos alunos.
- iii) A **mitigação de risco ambiental** refere-se ao grau em que o produto de software mitiga os riscos em potencial relacionados ao ambiente em seu contexto de uso.

A **cobertura de contextos** mede o grau em que o simulador pode ser utilizado com eficácia e eficiência, do modo esperado, no contexto de uso especificado e também, em outros potenciais contextos de aprendizagem. Possui duas subcaracterísticas:

- i) A **completude de contexto** avalia o grau em que o simulador pode ser utilizado com eficácia, eficiência, sem riscos e satisfação em todos os contextos de aprendizagem especificados.
- ii) A **flexibilidade** mede o grau em que o simulador pode ser utilizado com eficácia, eficiência, sem riscos e satisfação em contextos educacionais diferentes dos especificados.

3.7 Modelo para Avaliação de Simuladores de Física para fins Educacionais (MAPHYSE)

O Modelo para avaliação de software é um padrão estabelecido para medir a qualidade de um produto de software em acordo com um conjunto determinado de critérios.

Na ausência de um modelo de referência baseado na Norma 25010 específico para a avaliação de simuladores de Física no âmbito educacional, após busca realizada por meio de RSL, foi desenvolvido o Modelo para Avaliação de Simuladores de Física para Fins Educacionais (MAPHYSE - Model for Assessing Physics Simulators for Educational Purposes), o qual objetiva cumprir essa finalidade.

Nas subseções que seguem, o modelo é detalhado em relação às oito características de software enumeradas pela Norma. Um item de avaliação no MAPHYSE é uma subcaracterística relacionada à 25010, a qual é identificada unicamente por uma referência. Cada item pode ser classificado em um nível de zero a três. O **Nível 0 (não avaliado)** significa que o item foi desconsiderado na avaliação realizada. O **Nível 1 (insatisfatório)** é o mais baixo de classificação em uma avaliação. Significa que o simulador não satisfaz minimamente os requisitos ou necessidades relacionadas ao item. O **Nível 2 (satisfatório com restrições)** é o segundo nível de classificação. Significa que o simulador satisfaz, com restrições, os requisitos ou necessidades relacionadas ao item. O **Nível 3 (satisfatório sem restrições)** é o mais elevado de classificação. Significa que o simulador satisfaz, sem restrições, os requisitos ou necessidades relacionadas ao item.

Relaciona-se também um **peso** a cada item avaliável (classificado com nível 1 a 3). Serve para enfatizar, ou não, a importância do item avaliado em relação aos objetivos de aprendizagem. O **Peso 1 (pouco relevante)** significa que uma eventual avaliação baixa não deverá comprometer significativamente os objetivos de aprendizagem. O **Peso 2 (relevância média)** significa que uma eventual avaliação baixa do item poderá comprometer, com relevância mediana, os objetivos de aprendizagem. O **Peso 3 (muito relevante)** significa que uma eventual avaliação baixa do item comprometerá significativamente os objetivos de aprendizagem.

A multiplicação do nível de classificação como seu peso gera a **avaliação** do item. Um simulador que tenha um ou mais itens muito relevantes (Peso 3) classificados como insatisfatórios (Nível 1), terá em sua avaliação final uma recomendação de precaução dirigida a instituições de ensino e professores, informando potenciais impactos negativos nos objetivos educacionais. Por outro lado, se todos seus itens muito relevantes forem mínimos ou

plenamente satisfatórios (Níveis 2 e 3), a avaliação final terá uma recomendação de uso, informando que o simulador atende requisitos mínimos para sua adoção em atividades pedagógicas.

3.1.1 Avaliação da Qualidade Interna

Sendo que a avaliação da qualidade interna de um simulador é realizada pela equipe de desenvolvimento e um dos objetivos do MAPHYSE é permitir a recomendação ou não de simuladores de Física em processos pedagógicos, evita-se a utilização da visão interna como precaução a possíveis conflitos de interesses.

3.1.2 Avaliação da Qualidade Externa

Os itens de avaliação da qualidade externa estão organizados por características da Norma ISO/IEC 25010. Na Tabela 2, vemos as subcaracterísticas de **Adequação Funcional**: Completude Funcional (S_{e1}), Acurácia (S_{e2}) e Funcionalidade Adequada (S_{e3}). Todas são relevantes para os objetivos de aprendizagem. Dessa forma, todos recebem peso 3.

Tabela 2 - Subcaracterísticas de Adequação Funcional

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e1}	$P_{e1} = 3$	<i>Ser capaz de simular todos os experimentos que o equipamento real equivalente é capaz de proporcionar.</i>
S_{e2}	$P_{e2} = 3$	<i>Os cálculos numéricos e as representações gráficas devem ser precisos.</i>
S_{e3}	$P_{e3} = 3$	<i>As simulações podem capacitar os alunos a atingir os objetivos de aprendizagem que um simulador de sua classe deve prover.</i>

As subcaracterísticas de **Confiabilidade** são listadas na Tabela 3. A Maturidade (S_{e4}) recebe peso 2, uma vez que é relevante para permitir a continuidade das experimentações, especialmente durante períodos em que os alunos são acompanhados por seus professores em laboratórios. As demais subcaracterísticas – Tolerância a Falhas (S_{e5}), Recuperabilidade (S_{e6}) e Disponibilidade (S_{e7}) – apesar de relevantes, tendem a comprometer menos do que uma maturidade baixa. Dessa forma, recebem peso 1.

Tabela 3 - Subcaracterísticas de Confiabilidade

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e4}	$P_{e4} = 0 2$	<i>Sejam qME a quantidade mínima de execuções do simulador para avaliação da maturidade e tFE a taxa de falhas por execução a quantidade de falhas apresentadas durante simulações realizadas; Se $tFE \leq 1\%$: satisfatório sem restrições. Se $1\% < tFE \leq 2\%$: satisfatório com restrições. Se $tFE > 2\%$: insatisfatório.</i>
S_{e5}	$P_{e4} = 0 1$	<i>Manter um nível de desempenho suficiente para a realização das atividades de aprendizagem quando ocorrerem situações anômalas.</i>

S_{e6}	P_{e4} = 0 1	<i>Recuperar dados e readquirir normalidade operacional quando situações de desestabilização extrema ocorrem.</i>
S_{e7}	P_{e4} = 0 1	<i>Estar operacional e disponível nos momentos em que as atividades de aprendizagem são executadas.</i>

A próxima característica é a **Usabilidade**. A subcaracterística de inteligibilidade (**S_{e8}**) relaciona-se com a capacidade dos alunos de entenderem os conceitos-chave do simulador para desenvolver as atividades de aprendizagem. Sendo que pode facilitar ou comprometer os objetivos de aprendizagem, possui peso 2. A Apropriação reconhecível (**S_{e9}**) mede o reconhecimento dos alunos que o simulador, efetivamente, os auxilia a apropriar os objetivos de aprendizagem almejados. Se o aluno entende que o simulador não está o auxiliando a aprender, ele não se sentirá estimulado a utilizá-lo. Por esse motivo, também possui peso 2. A Operacionalidade – Geral (**S_{e10}**) mede a facilidade com que os alunos conseguem executar as tarefas. Operacionalidade – Idioma (**S_{e11}**) analisa se a capacidade de professores e alunos de operá-lo em sua língua materna. A Estética de Interface com o Usuário (**S_{e12}**) mede se o simulador foi considerado prazeroso de usar durante as interações das atividades de aprendizagem. Tanto a operacionalidade, como a estética de interface e a proximidade idiomática influenciam a motivação para os alunos utilizem o simulador em tarefas obrigatórias e eletivas. Sendo a interação com o meio (no caso o simulador) fundamental para qualquer metodologia ativa, recebem peso 2.

A Proteção Contra Erros de Usuários (**S_{e18}**) mede a capacidade de o simulador evitar que alunos cometam erros operacionais básicos que atrapalham ou dificultam os processos de experimentação e aprendizagem. Se a interface falhar nessas verificações, as atividades de aprendizagem poderão atrasar ou serem de alguma forma dificultadas, mas não impedirá sua execução. Dessa forma, seu peso é 1.

A acessibilidade com suas diversas feições – que incluem tratamentos para Dificuldades Visuais (**S_{e13}**), Dificuldades Auditivas (**S_{e14}**), Dificuldades motoras (**S_{e15}**) Autismo (**S_{e16}**), Dislexia (**S_{e17}**), dentre outros – trata da inclusão digital na práxis pedagógica, que Nunes (2020) entende ser constante e importante desafio. As pessoas com deficiência representam 15% da população mundial (WHO, 2011). No Brasil, 23,9% da população declarou ter algum tipo de deficiência (IBGE, 2018). No quantitativo atualizado do IBGE (*ibid*), 3,4% declarou ter deficiência visual (sendo que esta inclui a cegueira, baixa acuidade visual e o daltonismo); 2,3% declarou ter deficiência motora e 1,1% declarou ter deficiência auditiva.

Os dados do IV Recenseamento Geral da População e Habitação de 2017, evidenciou

que existiam em Moçambique cerca de 736038 Pessoas com Deficiência, num universo de 26 899 105 de habitantes, representando 2,7%. Segundo o INE¹⁰ (2017). Essa porcentagem dos deficientes é distribuída da por tipo de deficiência da seguinte maneira: cegos (7,9%), surdo/mudo (9,3%), Braço (s)/amputado (s)/ atrofiado (s) (7,6%), perna (s)/amputada (s)/atrofiada (s) (15,7%), paralisia (6,1%), mental (6,7%), dificuldade para visual mesmo usando óculos (11%), dificuldade para ouvir mesmo usando aparelho auditivo (4,9%), dificuldade de memória ou de concentração (4,1%), dificuldade de locomoção (14,3%), outra (12,4%).

Estas, porém, não são as únicas necessidades especiais a serem tratadas pela usabilidade de software. Autistas são favorecidos por textos e imagens renderizadas em um espectro de cores que evite tons muito escuros, cores muito claras ou brilhantes. Para disléxicos, textos com alinhamento à esquerda, sem palavras sublinhadas e sem palavras em maiúsculo favorecem a leitura. Textos, botões e outros elementos de telas favorecem pessoas com as mais diferentes deficiências quando escritos com tamanho adequado ou ajustável, orientações diretas, precisas, com sentido denotativo, com fontes sem serifa, por tornar a leitura mais compreensível à maioria dos usuários (UFRGS, 2020; BRITTO *et al*, 2016; CAMPÊLO, 2013).

Os desafios do desenvolvimento de softwares acessíveis são amplos, sendo as estatísticas e os estudos citados uma pequena porção do universo de necessidades da inclusão digital na esfera educacional. Dada a importância para a inclusão educacional, os itens de acessibilidade foram considerados como sendo de relevância média (Peso 2) ou muito relevante (Peso 3). Como padrão, adotamos o Peso 2, dada a dificuldade atual, no estado da arte da Engenharia de Software, de produzir simuladores de Física efetivamente acessíveis. A Tabela 4, lista as subcaracterísticas de usabilidade.

Tabela 4 - Subcaracterísticas de Usabilidade

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e8}	P_{e8} = 0 2	<i>Permitir que os conceitos-chave das situações simuladas sejam facilmente compreendidos, habilitando alunos a adquirir, sem muitas dificuldades, competências para realizar os experimentos necessários para suas aprendizagens.</i>
S_{e9}	P_{e9} = 0 2	<i>Ser capaz de auxiliar os alunos a apropriarem os objetivos de aprendizagem almejados.</i>
S_{e10}	P_{e10} = 0 2	<i>Ser fácil de usar na execução das atividades de aprendizagem.</i>
S_{e11}	P_{e11} = 0 2	<i>Oferecer aos professores e alunos a capacidade de operá-lo em sua língua</i>

¹⁰ Instituto Nacional de Estatística

		<i>materna, sendo as línguas maternas consideradas listadas no parâmetro plang.</i>
S_{e12}	P_{e12} = 0 1	<i>Ser prazeroso de usar por proporcionar interações satisfatórias durante as atividades de aprendizagem.</i>
S_{e13}	P_{e13} = 0 2 3	<i>Atender necessidades de alunos e professores com dificuldades visuais – cegueira, baixa acuidade visual e daltonismo em suas respectivas línguas maternas, sendo as línguas maternas consideradas listadas no parâmetro plang.</i>
S_{e14}	P_{e14} = 0 2 3	<i>Atender necessidades de alunos e professores com dificuldades auditivas – surdez e baixa capacidade auditiva – em suas respectivas línguas maternas, sendo essas línguas identificadas pelo parâmetro plang.</i>
S_{e15}	P_{e15} = 0 2 3	<i>Atender necessidades de alunos e professores com dificuldades motoras.</i>
S_{e16}	P_{e16} = 0 2 3	<i>Atender necessidades de alunos e professores autistas.</i>
S_{e17}	P_{e17} = 0 2 3	<i>Atender necessidades de alunos e professores disléxicos.</i>
S_{e18}	P_{e18} = 0 1	<i>Evitar que os alunos cometam erros operacionais básicos que atrapalham ou dificultam os processos de experimentação e aprendizagem.</i>

A característica de **Eficiência de Desempenho** está relacionada à capacidade do simulador de concluir experimentos com minimização de recursos utilizados. A subcaracterística de Comportamento (**S_{e19}**) mede o grau no qual os tempos de resposta das funcionalidades oferecidas pelo simulador são satisfatórios. Se os tempos forem muito insatisfatórios, os alunos podem se desestimular quanto ao seu uso e atividades laboratoriais mediadas podem ser comprometidas. Por esses motivos, tem peso 2. No MAPHYSE, a subcaracterística de utilização de recursos divide-se em Utilização de Recursos de Rede (**S_{e20}**) e Utilização de Recursos de Armazenamento (**S_{e21}**) os quais medem, respectivamente, o grau de satisfação em relação ao consumo de largura de banda de rede e o espaço de armazenamento requerido pelo simulador. Apesar de suas respectivas relevâncias em termos de eficiência, um consumo maior de rede e um espaço amplo exigido para armazenamento usualmente não comprometem os experimentos. Por isso, recebem peso 1.

A subcaracterística de Capacidade (**S_{e22}**) é uma medida de quanto os limites máximos do simulador são suficientes para realizar os objetivos de aprendizagem. Suas capacidades computacionais não podem comprometer os objetivos de aprendizagem. Por esse motivo, seu peso pode ser 2 (relevância média) ou 3 (muito relevante). Como padrão, adotou-se o Peso 2, visto que, mesmo com limites computacionais menos robustos, o simulador permite realizar, mesmo que parcialmente, os objetivos de aprendizagem. As subcaracterísticas de eficiência de desempenho são listadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Subcaracterísticas de Eficiência de Desempenho

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e19}	P_{e19} = 0 2	<i>Seja t o tempo de resposta (em segundos) das funcionalidades oferecidas pelo simulador. Se $t \leq pTempoA$: satisfatório sem restrições. Se $pTempoA < t \leq$</i>

		<i>pTempoB: satisfatório com restrições. Se $t > pTempoB$: insatisfatório.</i>
S_{e20}	P_{e20} = 0 1	<i>Seja b a largura de banda de rede consumida para a transmissão de uma imagem. Se $b \leq pBandaA$: satisfatório sem restrições. Se $pBandaA < b \leq pBandaB$: satisfatório com restrições. Se $b > pBandaB$: insatisfatório.</i>
S_{e21}	P_{e21} = 0 1	<i>Seja e o espaço de armazenamento demandado para instalar um simulador. Se $e \leq pEspacoA$: satisfatório sem restrições. Se $pEspacoA < e \leq pEspacoB$: satisfatório com restrições. Se $e > pEspacoB$: insatisfatório.</i>
S_{e22}	P_{e22} = 0 2 3	<i>Os limites computacionais devem ser suficientes para realizar os objetivos de aprendizagem.</i>

Para se avaliar as características de **Manutenibilidade**, geralmente é necessário ter acesso ao código e à documentação técnica do simulador. São relevantes para se corrigir com rapidez e eficiência defeitos, evoluir as funcionalidades oferecidas e contribuir para outros projetos. Correções de defeitos são importantes e testes para avaliar se as correções foram bem executadas, também. Se o simulador apresentar um defeito e demorar para ser corrigido ou as correções forem insatisfatórias, objetivos de aprendizagem podem ser comprometidos. Uma arquitetura de software coesa e desacoplada favorece os processos de análise, desenvolvimento e manutenção. Por isso, Analisabilidade (**S_{e23}**), Modificabilidade (**S_{e24}**), Modularidade (**S_{e25}**) e Testabilidade (**S_{e26}**) recebem peso 2. Possíveis contribuições a outros projetos propiciadas pela Reusabilidade (**S_{e27}**) são importantes como paradigma, mas sua ausência não compromete diretamente os objetivos educacionais do simulador. Dessa forma, recebe peso 1. As subcaracterísticas de manutenibilidade são listados na Tabela 6.

Tabela 6 - Subcaracterísticas de Manutenibilidade

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e23}	P_{e23} = 0 2	<i>O esforço e o tempo exigidos para detectar e depurar os erros quando ocorrem são aceitáveis.</i>
S_{e24}	P_{e24} = 0 2	<i>O esforço e o tempo exigidos para corrigir e evoluir o simulador são aceitáveis.</i>
S_{e25}	P_{e25} = 0 2	<i>As características de coesão e desacoplamento proporcionadas pela arquitetura de software são aceitáveis.</i>
S_{e26}	P_{e26} = 0 2	<i>O esforço e o tempo exigidos para realizar testes de regressão são aceitáveis.</i>
S_{e27}	P_{e27} = 0 1	<i>A capacidade de reuso de partes do código é aceitável.</i>

A **Portabilidade** é uma característica que trata da capacidade do simulador ser transferido de um ambiente de hardware ou software para outro.

A adaptabilidade (**S_{e28}**) permite que alunos e professores tenham alternativas de uso do simulador. Todavia, sua ausência não compromete os objetivos educacionais. Dessa forma, recebe peso 1. A Capacidade para ser instalado (**S_{e29}**) é importante para que professores e alunos sejam capazes de usar o simulador nos dispositivos (*desktop*, *móveis*, etc.) que dispõem para realizar suas atividades didáticas. Se alunos ou professores não conseguirem usar o

simulador por falta de capacidade de instalação, poderá comprometer totalmente os objetivos educacionais almejados. Por esse motivo, recebe peso 3. A Capacidade para Substituir (S_{e30}) é uma subcaracterística importante quando se deseja trocar uma plataforma de simulação por outra. Torna-se importante quando o novo simulador tiver que ter a capacidade de executar as mesmas atividades pedagógicas que o anterior. Quando definido, portanto, recebe peso 3, uma vez que está diretamente relacionado aos objetivos educacionais. As subcaracterísticas de portabilidade são listadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Subcaracterísticas de Portabilidade

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e28}	$P_{e28} = 0 1$	<i>Adaptar-se a outros ambientes que professores e alunos necessitem sem configurações adicionais, em conformidade com os requisitos de adaptabilidade.</i>
S_{e29}	$P_{e29} = 0 3$	<i>Ser instalável nos dispositivos que professores e alunos necessitam para realizar suas atividades didáticas.</i>
S_{e30}	$P_{e30} = 0 3$	<i>Ser capaz de substituir outros simuladores nos mesmos dispositivos utilizados pelos professores e alunos, provendo as mesmas oportunidades de aprendizagem, em conformidade com os requisitos de substituição estabelecidos.</i>

A característica de **Compatibilidade** relaciona-se à capacidade do simulador de trocar informações – subcaracterísticas de Interoperabilidade – Importação (S_{e33}) e Interoperabilidade – Exportação (S_{e32}) – e de realizar suas funções requeridas enquanto compartilham o mesmo ambiente de hardware e software. As operações de importação e exportação são importantes para capacitar o reaproveitamento de experimentos em outros simuladores. Relevante, mas se não tiver essa capacidade, não compromete objetivos educacionais primários. Recebem, então, peso 1. Por outro lado, se um simulador se desestabiliza na presença de outros sistemas ou, em sentido inverso, desestabiliza outros – subcaracterística de Coexistência (S_{e31}) – objetivos de aprendizagem podem ser comprometidos. Dessa forma, recebe peso 2. As subcaracterísticas de compatibilidade são listadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Subcaracterísticas de Compatibilidade

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e31}	$P_{e31} = 2$	<i>Desempenhar suas funções sem afetar negativamente o desempenho de outros sistemas.</i>
S_{e32}	$P_{e32} = 1$	<i>Exportar informações para outros simuladores, em acordo com os requisitos de exportação estabelecidos.</i>
S_{e33}	$P_{e33} = 1$	<i>Importar informações de outros simuladores, em acordo com os requisitos de importação estabelecidos.</i>

A **Segurança** trata de subcaracterísticas de proteção às funções e aos dados do simulador. Quando demandados, requisitos de segurança costumam ser altamente relevantes

para a garantia da confiança nos processos educacionais. Por esse motivo, todos os itens de segurança, quando avaliados, têm peso 3. A Confidencialidade – Professores (**S_{e34}**) trata de evitar acessos não autorizados a funções exclusivas dos professores e aos seus dados. A Confidencialidade – Alunos (**S_{e35}**) também trata de evitar acessos não autorizados no contexto dos alunos.

A Integridade (**S_{e36}**) trata da não alteração indevida de dados durante as comunicações. O Não-repúdio (**S_{e37}**), da capacidade de provar a autoria de ações realizadas. A Rastreabilidade de Uso (**S_{e38}**) da capacidade de auditar as ações e a Autenticidade (**S_{e39}**) de prover mecanismos de identificação de professores, alunos ou outros atores dos processos institucionais. As subcaracterísticas de segurança estão listadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Subcaracterísticas de Segurança

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{e34}	P_{e34} = 0 3	<i>Evitar acessos não autorizados a funções e dados de exclusivo acesso aos professores, em conformidade com os requisitos de confidencialidade estabelecidos.</i>
S_{e35}	P_{e35} = 0 3	<i>Evitar acessos não autorizados a funções e dados de exclusivo acesso aos alunos, em conformidade com os requisitos de confidencialidade estabelecidos.</i>
S_{e36}	P_{e36} = 0 3	<i>Evitar alterações de dados indevidas durante comunicações, em conformidade com os requisitos de integridade estabelecidos.</i>
S_{e37}	P_{e37} = 0 3	<i>Ser capaz de provar a autoria de ações, em conformidade com os requisitos de não-repúdio estabelecidos.</i>
S_{e38}	P_{e38} = 0 3	<i>Possuir mecanismos de rastreabilidade de ações realizadas, em conformidade com os requisitos de rastreabilidade de uso estabelecidos.</i>
S_{e39}	P_{e39} = 0 3	<i>Ser capaz de autenticar seus usuários, em conformidade com os requisitos de autenticidade estabelecidos.</i>

3.1.3 Avaliação da Qualidade em Uso

Avaliações da qualidade em uso podem ser realizadas com a participação de professores e alunos, sendo especialmente úteis para gerar *feedbacks* que capacitem os desenvolvedores a melhorar o simulador em ciclos evolutivos seguintes. Essas melhorias podem incluir correções de defeitos, refinamentos, alterações e inclusões de funcionalidades. Sozinha, a qualidade em uso não é suficiente para recomendar o uso ou não uso pedagógico do simulador. É necessário realizar, conjuntamente, uma avaliação da qualidade interna, da qualidade externa ou ambas para se avaliarem a adequação funcional.

A Efetividade (**S_{u1}**) mede o quanto o simulador, efetivamente, auxilia os aprendizes a alcançar os objetivos de aprendizagem, a partir de seus próprios pontos de vista. Sendo o atingimento dos objetivos de aprendizagem significativos, possui peso 3. A Eficiência de

Tempo de Resposta (S_{u1}) mede a satisfação dos aprendizes em relação ao tempo de resposta das funcionalidades do simulador. As subcaracterísticas de efetividade e de eficiência são listadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Subcaracterísticas de Efetividade e de Eficiência

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{u1}	$P_{u1} = 0 3$	<i>Auxiliar, efetivamente, os aprendizes a alcançar os objetivos de aprendizagem estabelecidos.</i>
S_{u2}	$P_{u2} = 0 1$	<i>Os aprendizes devem estar satisfeitos com o tempo de resposta das funcionalidades do simulador.</i>

Pela Norma 25010, a **Satisfação** é uma característica relacionada às necessidades. Dessa forma, a Utilidade (S_{u3}) deve medir no contexto da aprendizagem a satisfação dos alunos quando alcançam os objetivos de aprendizagem planejados. A Confiança (S_{u4}) mede a confiança dos alunos em alcançar os objetivos de aprendizagem planejados através do simulador, A subcaracterística de Prazer (S_{u5}) mede o quanto os alunos consideram o simulador prazeroso de usar, o quão satisfatório são as interações. O item Conforto (S_{u6}) é uma medida de conforto físico experimentado pelos alunos ao utilizar o simulador.

A satisfação é importante para que o aluno se sinta estimulado a continuar utilizando o simulador. Todavia, uma vez que se trata de medida de contentamento e não de atingimento de objetivos educacionais propriamente ditos, seus itens de avaliação têm peso 2. As subcaracterísticas de satisfação são listadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Subcaracterísticas de Satisfação

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{u3}	$P_{u3} = 0 2$	<i>É necessário que os alunos fiquem satisfeitos quando alcançarem os objetivos de aprendizagem planejados com auxílio do simulador.</i>
S_{u4}	$P_{u4} = 0 2$	<i>É necessário que os alunos confiem que o simulador lhes auxilia a alcançar os objetivos de aprendizagem planejados.</i>
S_{u5}	$P_{u5} = 0 2$	<i>É necessário que os alunos considerem as interações com o simulador prazerosas.</i>
S_{u6}	$P_{u6} = 0 2$	<i>É necessário que os alunos considerem que as interações com o simulador proporcionam conforto físico.</i>

A **Ausência de Riscos** é uma característica relacionada à minimização de riscos potenciais. A Mitigação de Riscos Econômicos (S_{u7}) é multifatorial. Mitigam-se riscos, por exemplo, quando: i) a licença de uso é ausente de custos; ii) os custos de treinamento são aceitáveis ou também ausentes; iii) quando o simulador puder ser utilizado por um longo tempo para compensar investimentos realizados. Esse item pode ter peso 2 ou 3, em acordo com as capacidades e necessidades de cada instituição de ensino. Como padrão, definimos peso 2. A

Mitigação de Riscos à Saúde e à Segurança (**S_{u8}**) trata de minimizar riscos à saúde e o desenvolvimento de interfaces ergonômicas. Em computadores desktop, por exemplo, em vez de oferecer somente opções de movimentação de elementos gráficos por mouse, oferece também, opções por teclado. A Mitigação de Risco Ambiental (**S_{u9}**) é relacionada à sustentabilidade são influenciadas por eficiência energética e de uso de recursos (Koçak *et al.*, 2015). A mitigação de riscos é relevante em qualquer projeto, incluindo a implementação de programas educacionais. Não é, entretanto, tão expressiva quanto o atingimento efetivo de objetivos. Dessa forma, as subcaracterísticas de ausência de riscos, listados na Tabela 12, recebem peso 2.

Tabela 12 - Subcaracterísticas de Ausência de Riscos

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{u7}	P_{u7} = 0 2	<i>Se a licença de uso for gratuita: satisfatório sem restrições; paga uma única vez, com preço aceitável: satisfatório com restrições; paga mediante mensalidade ou uma vez com preço não aceitável: insatisfatório.</i>
S_{u8}	P_{u8} = 0 2	<i>A ergonomia deve minimizar o risco de causar lesões por esforços repetitivos.</i>
S_{u9}	P_{u9} = 0 2	<i>O consumo de recursos de rede e de energia elétrica deve ser minimizado.</i>

A Cobertura de Contextos trata da capacidade dos alunos utilizarem o simulador, com eficácia e eficiência, do modo esperado, no contexto de uso especificado e também, em outros potenciais contextos de aprendizagem. A Completude de Contexto (**S_{u10}**) mede a cobertura em relação aos contextos mínimos de aprendizagem para o atingimento dos objetivos educacionais. A Flexibilidade (**S_{u11}**) complementa **S_{u10}** medindo a cobertura em contextos-extra. Para oferecer diferentes oportunidades de aprendizagem, é essencial que o simulador capacite seu uso com efetividade nos contextos mínimos almejados para se atingir os objetivos educacionais. Por essa razão, recebe peso 3. A flexibilidade, por sua vez, apesar de relevante para a oferta de alternativas aos alunos, as quais podem estimular a criatividade e o pensamento lateral, não é tão essencial quanto o atingimento dos objetivos educacionais planejados, recebe, assim, peso 2. As subcaracterísticas de cobertura de contextos estão listadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Subcaracterísticas de Cobertura de Contextos

Ref.	Peso	Requisitos de Qualidade
S_{u10}	P_{u10} = 0 3	<i>Oferecer contextos de experimentação necessários para a realização dos objetivos básicos de aprendizagem.</i>
S_{u11}	P_{u11} = 0 2	<i>Oferecer outros contextos de experimentação além dos necessários para a realização dos objetivos básicos de aprendizagem.</i>

3.1.4 Taxa de Avaliação da Qualidade Externa (TQ_e)

Para se realizar um processo de validação da qualidade externa a equipe de avaliação do simulador monta uma equação com os critérios que considera relevantes ou tem condições de avaliar. A medição das taxas ponderadas da qualidade externa é mostrada no Quadro 2.

Quadro 2 - Cálculo da Taxa de Qualidade Externa (TQ_e)

$$\begin{aligned}
 SQ_e &= \sum_{i=1}^{39} P_{ei} S_{ei} = P_{e1} S_{e1} + P_{e2} S_{e2} + P_{e3} S_{e3} + \dots + P_{e39} S_{e39} \\
 PQ_e &= \sum_{i=1}^{39} P_{ei} = P_{e1} + P_{e2} + P_{e3} + \dots + P_{e39} \\
 TQ_e &= SQ_e / 3 \times PQ_e
 \end{aligned}$$

3.1.5 Taxa de Avaliação da Qualidade em Uso

De forma semelhante aos processos de avaliação da qualidade externa, para se realizar uma avaliação da qualidade em uso a equipe de avaliação do simulador monta uma equação com os critérios que considera relevantes ou tem condições de avaliar. A medição da taxa ponderada da qualidade em uso é mostrada no Quadro 3.

Quadro 3 - Taxa de qualidade em uso (TQ_u)

$$\begin{aligned}
 SQ_u &= \sum_{i=1}^{11} P_{ui} S_{ui} = P_{u1} S_{u1} + P_{u2} S_{u2} + P_{u3} S_{u3} + \dots + P_{u11} S_{u11} \\
 PQ_u &= \sum_{i=1}^{11} P_{ui} = P_{u1} + P_{u2} + P_{u3} + \dots + P_{u11} \\
 TQ_u &= SQ_u / 3 \times PQ_u
 \end{aligned}$$

3.1.6 Taxa de Qualidade Geral (TQ_g)

A taxa de qualidade geral (TQ_g) é a taxa ponderada de todas as avaliações realizadas. Caso alguma avaliação não tenha sido realizada, seus fatores são zerados nas equações apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Taxa de qualidade geral (TQ_g)

$$\begin{aligned}
 \text{Sejam: } SQ_g &= SQ_e + SQ_u \text{ e } PQ_g = PQ_e + PQ_u \\
 \text{A Taxa de Qualidade geral será: } TQ_g &= SQ_g / 3 \times PQ_g
 \end{aligned}$$

3.1.7 Taxas de Completude das Avaliações

A taxa de completude da avaliação é determinada pela quantidade de itens avaliados (n) sobre o total de itens avaliáveis. As avaliações de qualidade interna e externa têm disponíveis 34 itens, enquanto que as de qualidade em uso têm 12. As taxas de completude das avaliações são expressas no Quadro 5.

Quadro 5 - Taxas de completude das avaliações

Sejam: Nea - o total de itens de qualidade externa avaliados.
 $Nep = 39$ - o total de itens de qualidade externa avaliáveis.
 A taxa de completude de uma avaliação da qualidade externa é calculada por: $Tce = Nea/Nep$
 Sejam: Nua - o total de itens de qualidade em uso avaliados.
 $Nup = 11$ - o total de itens de qualidade em uso avaliáveis.
 A taxa de completude de uma avaliação da qualidade em uso é calculada por: $Tce = Nua/Nup$
 Sejam: $Nga = Nea + Nua$ - o total geral de itens avaliados e $Ngp = Nep + Nup$ - o total geral de itens avaliáveis.
 A taxa de completude geral é calculada por: $TCg = Nga/Ngp$

3.1.8 Fatores de Suficiência de Avaliação e de Adequação Funcional

Uma avaliação é considerada **suficiente** se todos os itens de adequação funcional forem avaliados, uma vez que, para se realizar uma recomendação pedagógica, é necessário avaliar se o simulador tem capacidade funcional de auxiliar o atingimento de objetivos educacionais almejados. Caso contrário, a avaliação é considerada **insuficiente**. Um simulador é considerado **adequado funcionalmente** se todos itens de adequação forem avaliados com nota igual a 2 (satisfatório com restrições) ou igual a 3 (satisfatório sem restrições).

3.1.9 Classificação por Estrelas

Se a avaliação for suficiente, a qualidade do simulador pode ser classificada em uma escala de zero a cinco estrelas, em conformidade com a adequação funcional e o resultado da Taxa de Avaliação da Qualidade Geral (TQg), conforme mostra o Quadro 6.

É importante ressaltar que, para um coordenador de curso ou um professor – tomadores de decisão quanto à adoção ou não de um determinado simulador em um curso ou turma – é importante conhecer não somente a classificação da qualidade calculada para o simulador, mas também, a taxa de completude da avaliação realizada. Quanto maior a taxa de completude, mais abrangente a avaliação realizada.

Quadro 6 - Cálculo da classificação por estrelas

Se a avaliação for insuficiente: Então, não se classifica em Número de Estrelas.
 Se o simulador não for adequado funcionalmente: Então, **Estrelas = 0**
 Se o simulador for adequado funcionalmente: Então, **Número de Estrelas = $TQg/20$**
 (arredondar para uma casa decimal)

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os métodos de pesquisa seguidos para a condução das investigações realizadas para esta tese são de natureza explicativa. São representados pelas abordagens qualitativa e quantitativa procurando realizar análises descritivas dos resultados encontrados com o uso de recursos e de técnicas estatísticas.

A pesquisa descritiva pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987). São exemplos de pesquisa descritiva: estudos de caso, análise documental, pesquisa ex-post-facto. Nesta pesquisa adotou-se o estudo de caso que é explicado numa das seções mais adiante.

A pesquisa quantitativa, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. Por outro lado, a pesquisa qualitativa tende a salientar os aspectos dinâmicos, holísticos e individuais da experiência humana, para apreender a totalidade no contexto daqueles que estão vivenciando o fenômeno (POLIT, BECKER E HUNGLER, 2004, p. 201).

Nas próximas seções são apresentados os métodos e ferramentas utilizadas para a condução das investigações em cada uma das suas etapas.

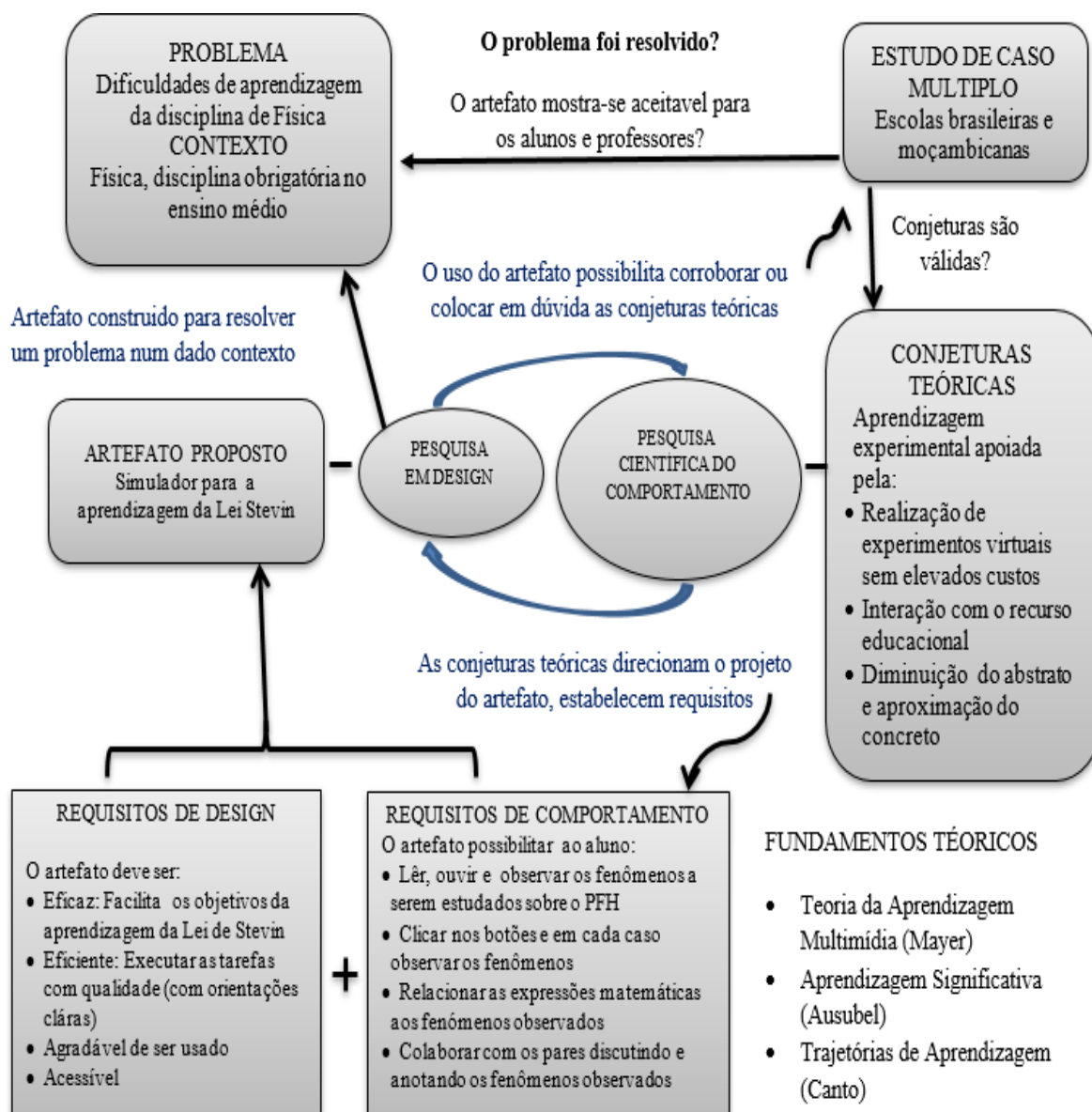
4.1 Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia - *Design Science Research (DSR)*.

A base deste método é o paradigma *Design Science (DS)* que segundo Simon (1969) é a Ciência do Artificial, em que se faz pesquisa científica sobre artefatos. O *DSR* se tornou amplamente aceito na área de pesquisas em Sistemas de Informação (HEVNER e CHATTERJEE, 2010).

No *DSR*, é preciso atentar para dois ciclos que se relacionam: (i) um sobre o projeto (*Design*) do artefato, visando resolver um problema real em um determinado contexto, e (ii) outro sobre teorias científicas relacionadas ao comportamento humano. Conforme representado na Figura 6, as teorias científicas subsidiam o projeto do artefato; e o uso do mesmo, por sua vez, possibilita investigar as conjecturas teóricas que o embasam.

A presente pesquisa parte da premissa que a aula simulada pode promover a aprendizagem de fenômenos físicos, e a partir dessa foram definidos os requisitos para o projeto do artefato e seu desenvolvimento.

Figura 6 -Método DSR aplicado a esta pesquisa



Fonte - Adaptado do Dresch *et al* (2015)

Na presente pesquisa parte-se do pressuposto que a aprendizagem por simulação deve promover a aprendizagem significativa de fenômenos físicos, e a partir desse pressuposto, conjecturou-se que a aprendizagem significativa de fenômenos físicos é facilitada também pela manipulação de laboratórios virtuais e pela observação dos fenômenos notáveis na realização de experiências. Destas conjecturas sobre o comportamento humano (sobre como os alunos aprendem significativamente a disciplina de Física) definiu-se requisitos para o projeto do artefato.

O uso do artefato também permitiu ajuizar as conjecturas teóricas que serviram de base para o seu desenvolvimento. Com o ciclo de pesquisa em comportamento humano, buscou-se gerar conhecimento sobre o comportamento dos alunos que manipularam o simulador. Nesta

pesquisa, a partir do uso do artefato, buscou-se avaliar as seguintes questões sobre as conjecturas teóricas fundamentadas nas teorias de Ausubel (1982), Richard Mayer (2001) e Canto (2015).

O uso dos princípios do design multimídia para a concepção de simuladores facilitam o seu desenvolvimento e podem promover a aprendizagem?

O uso do simulador como material potencialmente significativo favorece a aprendizagem significativa?

O uso do artefato favorece uma aprendizagem eficaz e eficiente?

Os requisitos de aceitação do simulador para a aprendizagem significativa do Princípio Fundamental da Hidrostática são oriundos da avaliação do recurso educacional.

Critérios devem ser estabelecidos para avaliar se é aceitável o artefato projetado nesta pesquisa (ou qualquer outro desenvolvido para tentar resolver/mitigar o mesmo problema). Para avaliá-lo, analisou-se o grau de aceitação pelos alunos e professores. Caso o mesmo não fosse aceito pelos usuários diretos (alunos) e usuários indiretos (professores), deverá ser considerado inadequado.

Definiu-se os critérios de aceitação recorrendo-se a avaliação da qualidade externa do artefato (realizada por professores da área de Física) a partir MAPHYSE e consequentemente da norma ISO/IEC 25010. Nesta pesquisa, consideramos que um artefato seria aceitável se: atender as subcaracterísticas de adequação funcional da norma. Por outro lado, também se realizou experimentos com alunos manipulando o simulador com o objetivo de medir a sua aprendizagem.

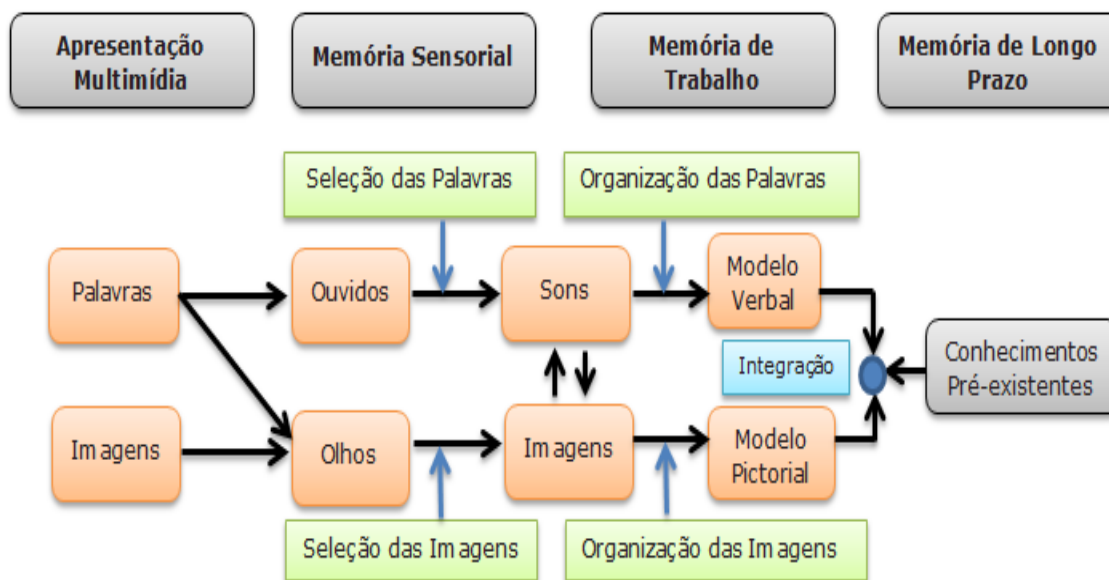
4.2 Características do Artefato Baseado na Teoria da Aprendizagem Multimídia de Richard Mayer

A Teoria da Aprendizagem Multimídia de Richard Mayer tem trazido contribuições significativas que responde a questões como desenvolver recursos multimídia que possam aperfeiçoar os conteúdos abordados em aula e que contribuam para as teorias da cognição e da aprendizagem.

Sua maior preocupação está na forma de apresentar a informação de maneira a ajudar o entendimento das pessoas, em especial como usar palavras e imagens para explicar conceitos científicos e matemáticos.

A Figura 7 apresenta um modelo cognitivo da aprendizagem multimídia que permite ilustrar o sistema humano de processamento da informação. As caixas representam os “armazéns” de memória: memória sensorial, memória de trabalho e memória de longo prazo.

Figura 7 - Modelo cognitivo da aprendizagem multimídia de Richard Mayer



Fonte - Adaptado de Mayer (2001)

De acordo com Mayer (2001), a cognição humana, é baseada em dois pressupostos: *o do canal duplo*, que indica a existência de dois sistemas não-equivalentes de processamento de informação: verbal/auditivo e visual/pictórico; e o da *capacidade cognitiva*, que indica que a quantidade de informação processada simultaneamente em cada canal é limitada.

Para o autor, a aprendizagem multimídia se dá por meio de animação e narração, processada em três memórias: sensorial, de trabalho e de longo prazo. As informações são captadas pela memória sensorial por meio dos olhos (palavras e imagens) e ouvidos (palavras), depois são processadas e selecionadas no canal auditivo, logo em seguida acontece a seleção das palavras e das imagens. Na memória de curto prazo há uma organização entre as imagens e palavras formando os modelos pictorial e verbal, no qual Mayer denomina memória de trabalho. Por fim, ocorre a integração das informações, que juntamente com o conhecimento prévio, constrói a memória de longo tempo. Assim, os alunos adquirem informações e constroem ideias que são guardadas e utilizadas no seu contexto real. As informações armazenadas na memória de longo prazo afetam nossas percepções do mundo e nos influenciam na tomada de decisões.

O artefato desenvolvido para o processo ensino-aprendizagem do PFH é composto por imagens animadas, texto e som, tentando seguir o modelo cognitivo da aprendizagem multimídia proposto por Richard Mayer.

Baseado em amplas pesquisas experimentais, Mayer (2001) apresenta os princípios do design multimídia e por via de testes concluiu que a utilização desses princípios pode promover a aprendizagem e ainda contribuir no processo cognitivo do aluno. Esses princípios podem orientar a elaboração de ambientes online bem projetados. A seguir apresenta-se os princípios da Aprendizagem Multimídia de Mayer utilizados no desenvolvimento deste simulador:

Sobre o **princípio multimídia** Mayer (2001) argumenta que os alunos aprendem melhor quando se combina palavras e imagens do que apenas palavras.

O **princípio da proximidade espacial** afirma que os alunos aprendem melhor quando as palavras e imagens correspondentes estão mais próximas do que distanciadas, por exemplo, na mesma tela (MAYER, 2001).

O **princípio da proximidade temporal** afirma que os alunos aprendem melhor quando palavras e imagens são apresentadas simultaneamente ao invés de sucessivamente (MAYER, 2001).

Sobre o **princípio da coerência**, Mayer (2001) afirma que os alunos aprendem melhor quando palavras, imagens ou sons não relevantes ao assunto são excluídos, por exemplo, é necessário evitar colocar no ambiente informação desnecessária, de acúmulo.

Segundo Mayer (2001), no **princípio de sinalização** os alunos aprendem mais quando as informações importantes dos conteúdos são destacadas e quando a multimídia apresentada possui uma estrutura organizada com os elementos mais relevantes.

O **princípio da voz** afirma que os alunos aprendem melhor quando a narração em aulas multimídia é falada em voz humana amigável em vez de voz máquina (MAYER, 1999).

4.3 O simulador da Lei de Stevin

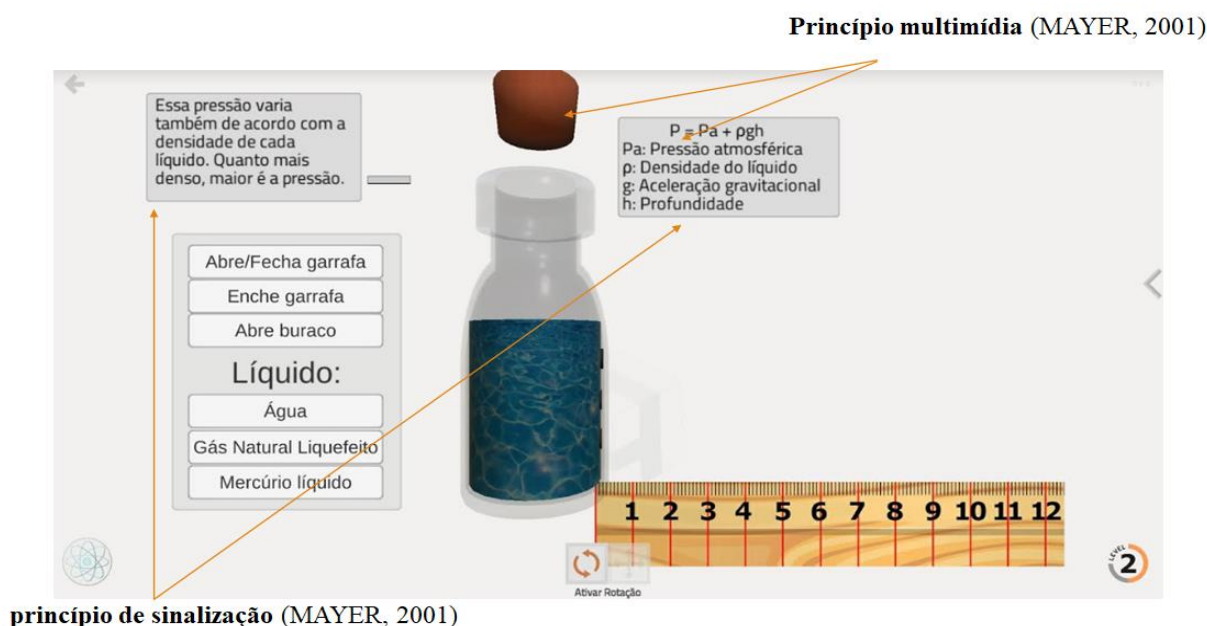
O simulador é constituído por três níveis. No primeiro nível, o usuário pode clicar na seta que se encontra do lado direito do simulador e apontando para a esquerda, permitindo a visualização de um texto explicativo da Lei de Stevin ou áudio explicando o mesmo princípio. Neste nível pode também relacionar a pressão hidrostática com a profundidade, permitindo visualizar o fenômeno, basta para tal, clicar abaixo da orientação “abrir buraco” composto pelos botões: todos, alto, médio e baixo, conforme podemos visualizar na Figura 8.

Figura 8 - Nível 1 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática



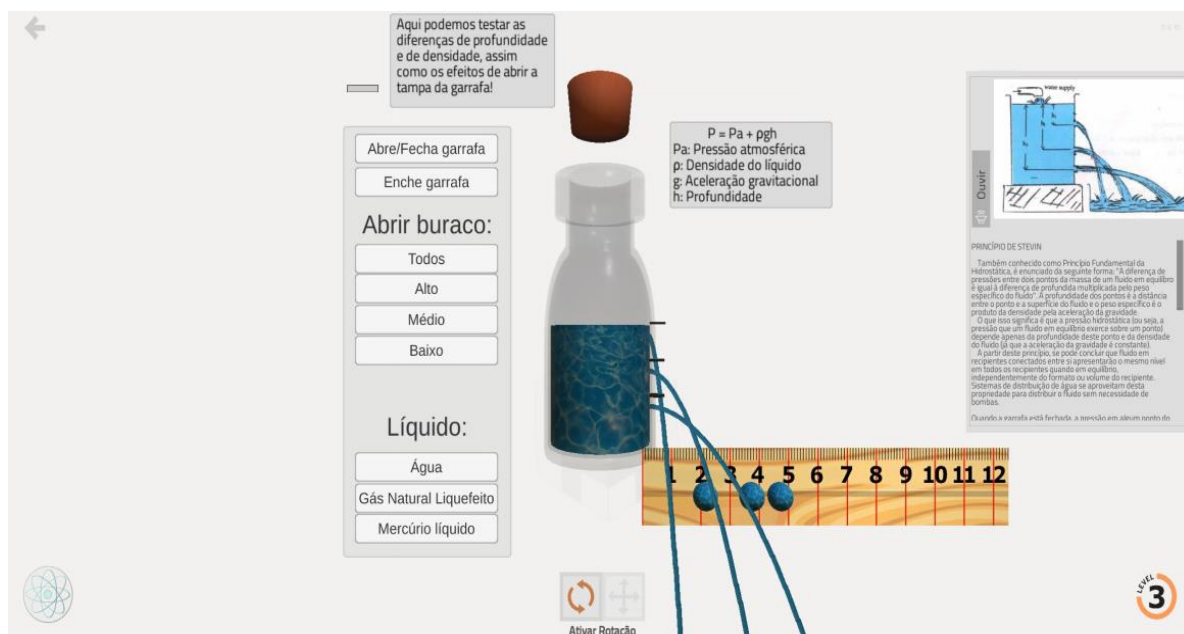
No nível dois, apresentado na Figura 9, o usuário pode relacionar a pressão hidrostática com a densidade do líquido, basta para tal, mudar de líquidos, consequentemente de densidades, clicando nos botões, água, gás natural liquefeito e mercúrio líquido. Em todos os casos, a régua serve para mostrar o jato provocado pela pressão do líquido. Neste nível, assim como em todos os outros, o aluno pode abrir ou fechar a tampa da garrafa, para poder visualizar também o efeito produzido na pressão hidrostática com a presença e sem a presença da pressão atmosférica respectivamente.

Figura 9 - Nível 2 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática



O terceiro nível (ver Figura 10) é uma combinação dos dois níveis anteriores, que permite ao aluno, verificar por exemplo a pressão exercida por diferentes líquidos em diferentes profundidades, permitindo-o experimentar com ou sem a presença da pressão atmosférica.

Figura 10 - Nível 3 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática



Fonte - Capturado do AVATAR UFRGS

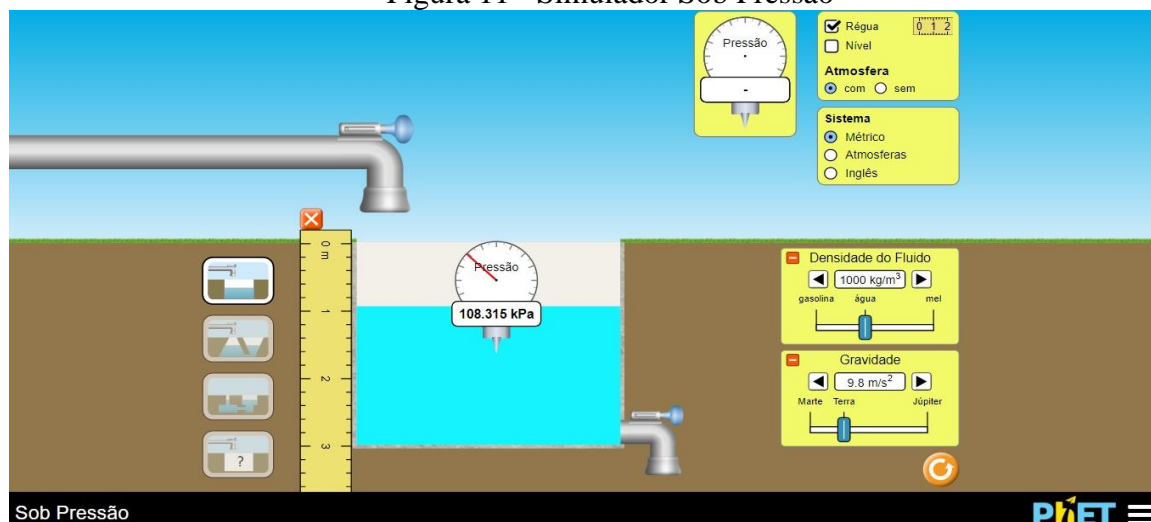
4.4 O simulador Sob Pressão

O simulador **Sob Pressão**¹¹ está disponível na plataforma PhET (*Physics Education and Technology*) da Universidade de Colorado. Essa plataforma oferece simulações de Matemática, Física, Biologia e Química e Ciências da Terra no geral. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas *on-line* ou *off-line* para o computador. Todas as simulações são de código aberto. O simulador faz parte do capítulo da hidrostática (Física) e com ele pode se aprender sobre a pressão, fluidos e densidades.

Alguns objetivos da aprendizagem são: descrever como a pressão varia no ar e na água em função da profundidade, descrever quais variáveis afetam a pressão e prever a pressão em diversas situações; praticamente os mesmos do simulador da lei de Stevin. Na Figura 11 pode-se observar um manômetro de pressão (barômetro), régua para medir os níveis de profundidade, a possibilidade de colocar o sistema com ou sem a pressão atmosférica, vários sistemas de unidade de pressão (métrico, atmosferas e inglês), possibilidade de variação dos fluidos e conseqüentemente de suas densidades e a possibilidade de variação da aceleração da gravidade.

¹¹ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/under-pressure/about

Figura 11 - Simulador Sob Pressão



Fonte - Capturado do PhET

4.5 Estudo de caso

“Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador” (FONSECA, 2002, p. 33).

De acordo com Alves- Mazzoti (2006) também existem estudos de casos múltiplos, nos quais vários estudos são conduzidos simultaneamente, por exemplo várias instituições que estejam envolvidas em um mesmo projeto. Assim, neste trabalho foram definidos estudos de casos múltiplos (3):

4.5.1 O primeiro estudo

Foi realizado no Colégio Murialdo de Porto Alegre envolvendo 16 alunos. O objetivo deste primeiro estudo foi de fazer um ensaio do Simulador da Lei de Stevin para permitir alguns ajustes e também aferir a aprendizagem dos alunos.

Para a efetivação do experimento, foram organizadas as aulas do capítulo da Hidrostática obedecendo uma hierarquia de conceitos considerando a dependência entre eles. Também foi organizado um roteiro (Apêndice 10) de realização de atividades com os alunos usando o artefato (simulador).

4.5.1.1 Construção do roteiro para a elaboração das aulas

Numa primeira fase a THA aqui proposta se focou na elaboração de oito planos de aula (ver os apêndices 2 a 9) que foram ministrados usando estratégias didáticas e pedagógicas criadas para atenuar os impactos das medidas de isolamento social sobre a aprendizagem, no âmbito do Ensino Remoto Emergencial (ERE) devido à pandemia do COVID-19, numa altura em que os alunos se encontravam impossibilitados de assistir às aulas presenciais. Essas aulas foram mediadas por tecnologias e foi usada a plataforma *google classroom*, criada pelo Google para gerenciar o processo ensino-aprendizagem. Essa plataforma é um espaço virtual para que professores possam ensinar seus conteúdos e interagir com alunos e pais. As aulas foram ministradas e assistidas remotamente, tendo algumas decorrido em tempo real (aulas síncronas) e outras não (aulas assíncronas).

Assim sendo, adotou-se um roteiro para a elaboração de aulas significativas para cada uma das oito lições a seguir:

- i) Densidade de uma substância;
- ii) Pressão exercida por sólidos, líquidos e gases;
- iii) Pressão hidrostática e Pressão atmosférica (Experiência de Torricelli); Equação Fundamental da Hidrostática;
- iv) Princípio de Pascal;
- v) Líquidos imiscíveis em vasos comunicantes;
- vi) Aparelhos hidráulicos.
- vii) Prensa hidráulica, Bomba hidráulica e os Manómetros de pressão;
- viii) Princípio de Arquimedes e Força de impulsão ou empuxo Condições de flutuação dos corpos.

Tal roteiro seguiu a definição das etapas para a montagem de uma aula apresentada a seguir:

- i) Definição do conteúdo da aula; ii) determinação dos aspectos mais relevantes do conteúdo e dos organizadores prévios; iii) sequenciação do conteúdo curricular; iv) avaliação da aprendizagem; v) estratégia e recursos instrucionais; e vi) montagem do plano de aula.

De forma esquemática, o “roteiro para a elaboração de uma aula”, considerando suas etapas e atividades correspondentes, pode ser representado da seguinte forma (Tabela 14):

Tabela 14 - Resumo esquemático do roteiro para a elaboração de uma aula

ETAPA	ATIVIDADES
-------	------------

Definição do conteúdo da aula.	<ul style="list-style-type: none"> ● Selecionar na ementa e/ou no programa do curso ministrado o conteúdo da aula; ● Identificar no currículo ou em pré-testes a existência dos pré-requisitos necessários; ● Definir os resultados de aprendizagem que se pretende alcançar, vinculados aos conceitos mais inclusivos; ● Selecionar os conceitos mais específicos relacionados com os conceitos mais inclusivos.
Determinação dos aspectos mais relevantes do conteúdo e dos organizadores prévios.	<ul style="list-style-type: none"> ● Determinar os aspectos mais relevantes do conteúdo a ser trabalhado; ● Identificar os organizadores prévios.
Sequenciação do conteúdo curricular.	<ul style="list-style-type: none"> ● Sequenciar os organizadores prévios para a parte introdutória da aula; ● Sequenciar os aspectos relevantes do conteúdo de forma decrescente em sua amplitude; ● Explicitar eventuais relações entre os diversos conceitos que serão trabalhados.
Avaliação da aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> ● Verificar a retenção/aprendizagem dos alunos, considerando os diversos conteúdos trabalhados.
Estratégia e recursos instrucionais.	<ul style="list-style-type: none"> ● Definir as estratégias e os recursos instrucionais utilizados para que ocorra uma aprendizagem significativa.
Montagem do plano de aula.	<ul style="list-style-type: none"> ● Elaborar o plano de aula.

Fonte: Kiefer e Pilatti, (2014)

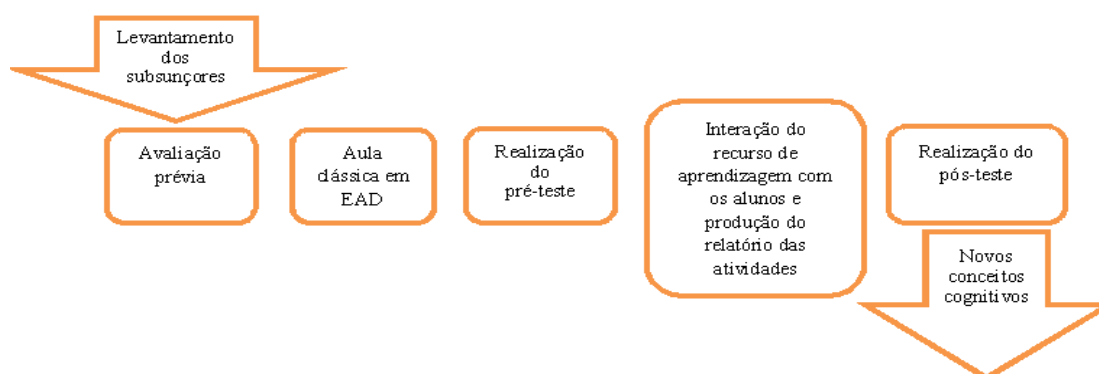
Seguindo o roteiro anterior, os planos de lição aqui propostos para cada uma das aulas ficaram compostos pelos conteúdos apresentados em forma de texto e link sobre o mesmo assunto. Esses conteúdos contêm aspectos teóricos e exercícios práticos com guia de correção para cada uma das aulas e ainda atividades complementares.

Uma vez planejadas as aulas, optou-se por passar cada uma delas aos alunos em função do horário escolar.

4.5.1.2 Sequência metodológica para possibilitar a construção da aprendizagem

Inicialmente aplica-se a avaliação prévia, a fim de se identificar os subsunçores dos alunos, com os quais podem se relacionar os novos conhecimentos, aperfeiçoando o conceito anterior e modificando os subsunçores sobre o Princípio Fundamental da Hidrostática e sua aplicação. Esta fase da pesquisa não diz respeito à aplicação do simulador em virtude de constituir a fase preliminar do levantamento de orientação da pesquisa. A Figura 12 ilustra as etapas a seguir:

Figura 12 - Sequência metodológica da aprendizagem



Fonte - Adaptado do Barcelos (2014)

A primeira etapa tem em vista a avaliação dos conhecimentos prévios sobre os conceitos ou proposições relevantes na estrutura cognitiva do aluno com relação ao tema apresentado. A avaliação prévia tem como objetivo a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, para orientar a discussão do conteúdo. Outro objetivo da avaliação prévia é despertar no aluno a conexão existente do conteúdo proposto com situações reais do cotidiano do mesmo, de acordo com o primeiro momento pedagógico de Delizoicov (DELIZOICOV; ANGOTTI; 2003).

A segunda etapa corresponde à apresentação formal dos conteúdos necessários para responder adequadamente aos testes.

A terceira etapa é relativa ao pré-teste, que torna possível através da análise quantitativa avaliar como os conteúdos sobre o Princípio Fundamental da Hidrostática evoluíram através da aula convencional, além de permitir uma comparação com os dados do pós-teste.

Na quarta fase, os alunos entram em contato com o recurso de aprendizagem proposto sobre a lei científica em causa (Lei de Stevin) e os seus efeitos (aplicações), relacionando seus aspectos teóricos e práticos, explorando todas as possibilidades de aprendizagem nele existente, sendo, por isso, uma metodologia de trabalho ativa. Aqui parte-se do princípio que já foram criadas as condições necessárias (pré-requisitos) para o seu uso. Paralelamente à utilização do simulador, os alunos têm acesso às orientações do seu uso, assim como de questões orientadoras para a aprendizagem com base nele (Apêndice 10).

Para se envolver ativamente no processo de aprendizagem, o aluno deve *ler, escrever, perguntar, discutir* ou estar ocupado em *resolver problemas e desenvolver projetos*. Além disso, o aluno deve realizar tarefas mentais de alto nível, como *análise, síntese e avaliação*. Nesse sentido, as estratégias que promovem aprendizagem ativa podem ser definidas como

sendo atividades que ocupam o aluno em realizar algo e, ao mesmo tempo, o levam a refletir sobre o que está praticando (BONWELL; EISON, 1991; SILBERMAN, 1996).

Esta etapa relaciona-se com o segundo momento pedagógico de Delizoicov, que consiste na organização do conhecimento. Os conhecimentos de Física são apresentados para que o tema e as questões levantadas durante a problematização inicial sejam compreendidos. É neste momento que são discutidas as definições, os conceitos, as relações e as leis. Pontos importantes nas atividades sugeridas são ressaltados para que se possa trabalhar para a organização da aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; 2003).

Finalmente a quinta fase que corresponde ao pós-teste que tem como objetivo avaliar como os conceitos abordados no processo integram-se à estrutura cognitiva dos estudantes através de uma segunda análise quantitativa. Esta última etapa é associada ao terceiro momento pedagógico de Delizoicov (DELIZOICOV; ANGOTTI; 2003): a aplicação do conhecimento. Esse momento implica na abordagem sistemática do conhecimento que o aluno vem incorporando, para a análise e interpretação tanto das situações iniciais discutidas como de outras situações.

4.4.1.3 Técnicas de coleta de dados

Para a coleta de dados optou-se pelos testes (questionários) com as seguintes características:

i) Para a avaliação prévia com objetivo de identificar os subsunçores dos alunos foi elaborado um questionário (apêndice 11) contendo questões sobre o conceito pressão e densidade de uma substância. Estes conceitos servem de pré-requisitos para a aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática, pois nele se discute a relação entre a pressão hidrostática e a profundidade, a pressão hidrostática e a densidade do fluido e a influência da pressão atmosférica sobre a pressão hidrostática. O questionário é composto por 10 questões de múltipla escolha para ser respondido online. Foi elaborado no *Survey Monkey*¹² que é uma plataforma que permite: criar pesquisa, testes e enquetes para qualquer público; obter o *feedback* através de *links*, e-mails, chats, redes sociais e muito mais; analisar automaticamente os resultados e acessar recursos de análise eficazes; exportar resultados ou integrar dados aos vários aplicativos de análise de dados e usar os *insights* para tomar decisões mais conscientes baseadas em dados.

¹² <https://pt.surveymonkey.com/user/sign-in/?ep=%2Fdashboard%2F>

ii) O pré-Teste também foi elaborado no *Survey Monkey* e é composto por doze questões de escolha múltipla sobre o PFH, com cinco alternativas para cada questão.

iii) O relatório das atividades realizadas com o simulador foi elaborado com o objetivo de orientar o aluno no reforço da sua aprendizagem sobre o PFH. É constituído por três atividades, uma por cada etapa. Na primeira etapa, o aluno deve relacionar duas grandezas físicas: a **pressão hidrostática** (variável dependente) com a **profundidade** (variável independente) e também investigar a influência da pressão atmosférica sobre a pressão hidrostática. Na segunda fase, o aluno deve relacionar a **pressão hidrostática** (variável dependente) com a **densidade** do líquido (variável independente) e também investigar a influência da pressão atmosférica sobre a pressão hidrostática. A terceira fase serve para a consolidação das duas anteriores, portanto, o aluno tem possibilidade de variar os parâmetros das duas fases anteriores.

iv) O pós-Teste também foi elaborado no *Survey Monkey* e é composto por doze questões de escolha múltipla sobre o PFH, com cinco alternativas para cada questão, das quais duas questões são referentes a cálculos e as restantes de análise e interpretação dos fenômenos. Essas questões têm o mesmo objetivo que as do pré-teste, porém formuladas de maneira diferente.

O pré-teste e o pós-teste foram compostos por questões similares. Estas questões apresentam o mesmo objetivo de aprendizagem e o mesmo nível de dificuldade. A Tabela 15 apresenta-se essas questões similares que podem ser vistas no apêndice 12 (pré-teste) e também no apêndice 13 (pós-teste).

Tabela 15 - Questões similares

Questão similar	Pré-teste	Pós-teste
Primeira	1	1
Segunda	2	8
Terceira	3	9
Quarta	4	2
Quinta	5	6
Sexta	6	4
Sétima	7	5
Oitava	8	10
Nona	9	3
Décima	10	7
Décima primeira	11	11
Décima segunda	12	12

4.3.1.4 Técnicas de análise de dados

Para a análise dos dados quantitativos gerados a partir da avaliação prévia, do pré-teste e do pós-teste usou-se o *Survey Monkey* que permite analisar as medidas de tendência central (a mediana e a média) e de dispersão (a pontuação mínima, a pontuação máxima e o desvio padrão), também fazer a classificação das perguntas quando o grau de dificuldade.

4.3.2 O Segundo estudo

Foi realizado em Moçambique e envolveu um total de 90 alunos divididos em dois grupos. Nesse estudo as aulas decorreram presencialmente e teve como objetivo comparar os resultados da aprendizagem dos alunos que usaram o simulador da Lei de Stevin e o Simulador Sob Pressão.

Três professores estiveram envolvidos na avaliação dos dois simuladores com o base no MAPHYSE, porem, primeiramente foram capacitados para o uso do modelo para melhor compreensão do uso do mesmo. Estes professores têm a formação de base a licenciatura em Física e dois deles também com o mestrado na mesma área e têm também conhecimentos sólidos sobre a teoria da aprendizagem significativa.

Os dois grupos foram submetidos a um pré-teste online, relacionado com o conteúdo abordado na aula e posteriormente aplicou-se o Ciclo PODS.

Segundo Sokoloff (2004), na estratégia de aprendizagem PODS, os alunos são levados a construir seu conhecimento dos conceitos de Física por observação direta do mundo físico. É feito o uso de um ciclo de aprendizagem incluindo previsões, discussões em pequenos grupos, observações e comparações de resultados observados com as previsões.

O ciclo PODS resume-se nas etapas seguintes:

- Faz-se perguntas prévias para que pequenas equipes de alunos pudessem trabalhá-las, ou seja, durante o estágio anterior a observação dos fenômenos.
- São utilizadas ferramentas tecnológicas, como o uso de vídeos, software de simulação. E assim se confronta os resultados esperados ou “Predições” dos alunos, com os resultados da experiência (ou simulação).
- São fornecidas perguntas de um teste para a avaliação de conhecimentos adquiridos (pós-teste).

A Tabela 16 apresenta oito passos da Aula de Demonstração Interativa (ADI) realizada com os alunos.

Introdução	O professor apresentou a temática com uma descrição detalhada do experimento de demonstração, sem a realização do experimento apresentando a situação problema para os alunos (Qual é a relação entre a pressão hidrostática e a profundidade? Qual é relação entre a pressão hidrostática e a densidade do fluido? E qual é a influência da pressão atmosférica sobre a pressão hidrostática?).
Registros das previsões iniciais	Os alunos registraram suas previsões individuais em uma ficha de previsão.
Discussão em grupo	Divididos em grupos de 3 e 4, os alunos compararam suas diferentes previsões sobre o experimento a ser realizado.
Socialização	O professor apresentou, resumidamente, as previsões dos alunos à sala, sem interferir no raciocínio dos alunos.
Registro final	Os alunos realizaram o registro final de suas previsões em uma nova Ficha de Previsão, a partir da discussão realizada.
Demonstração	O professor realizou a demonstração detalhando as relações entre as grandezas envolvidas. A demonstração foi repetida pelos alunos de forma individual e coletiva com os seus celulares pessoais para elucidar os diferentes aspectos da questão.
Discussão dos resultados	Os alunos foram convidados a descrever o que foi observado e analisado. Em seguida discutiram os resultados, no contexto do experimento realizado. Posteriormente preencheram uma ficha de resultado de demonstração, com base nas suas observações.
Aplicação	A professor apresentou situações análogas e aplicações da demonstração realizada em diferentes configurações experimentais e contextos de aplicação do PFH.

Fonte – Adaptado do Sokoloff (2012)

Esta abordagem foi feita com um desenho de experimento verdadeiro onde os alunos foram encaminhados aleatoriamente para o grupo experimental, assim como para o grupo de controle. Os indivíduos do grupo experimental aplicaram a estratégia PODS com uso do simulador da Lei de Stevin e o Grupo de Controle aplicou a estratégia PODS com uso do simulador Sob Pressão. A avaliação de ambos os grupos em relação ao comportamento da variável dependente foi realizada antes e após a introdução da intervenção conforme ilustra a Tabela 17. A diferença observada entre os grupos é que determinou a ligação entre as variáveis dependentes e independentes.

Tabela 17 - Desenho do segundo estudo

Grupo	Avaliação	Intervenção	Avaliação
Experimental (G1)	Pré-teste	Estratégia PODS auxiliada com simulador da Lei de Stevin	Pós-teste
Controle (G2)	Pré-teste	Estratégia PODS auxiliada com simulador Sob Pressão	Pós-teste

Para avaliar-se os resultados foi feita uma análise quantitativa. Segundo Wainer (2007), uma pesquisa de caráter quantitativo baseia-se na medida, geralmente numérica de poucas variáveis objetivas, com o foco na comparação de resultados e no uso intensivo de técnicas estatísticas.

Este tipo de abordagem pode ser fundamentado com procedimentos experimentais, pois segundo LoBiondo-Wood (2002) e Burns (2005), este tipo de procedimentos examinam causa e efeito de relações entre variáveis independentes (preditoras) e dependentes (resultado) sob condições altamente controladas.

A análise dos resultados foi feita com recurso à estatística descritiva para aferir os dados das respostas dos testes aplicados na pesquisa para ambos os grupos. Para a verificação da diferença entre os dois grupos realizou-se o teste de *Mann-Whitney* para os resultados das duas amostras (grupo experimental e grupos de controle).

Três professores (uma professora brasileira e dois professores moçambicanos) beneficiaram-se de uma capacitação do uso do MAPHYSE e posteriormente fizeram a avaliação dos dois simuladores usados para o estudo desta pesquisa.

4.3.3 O terceiro estudo

No terceiro estudo dispôs-se a comparar os resultados dos alunos que fizeram a simulação presencialmente com os alunos que o fizeram em aulas à distância. Os alunos que tiveram a aula presencial foram 90 moçambicanos da UEM¹³ e mais 98 alunos brasileiros (41 do Colégio Estadual Florinda Tubino Sampaio, 35 do Colégio Estadual Inácio Montanha e 22 do Colégio Murialdo) o que totalizou 188 alunos. E os que fizeram a aula à distância foram 71 alunos brasileiros, sendo 39 do Colégio Murialdo e 32 do Colégio Estadual Florinda Tubino Sampaio.

Os alunos que fizeram a aula presencial usaram a estratégia PODS auxiliada com um simulador, enquanto que os alunos que tiveram a aula à distância usaram um roteiro de atividades pedagógicas (apêndice 10) previamente preparado para auxiliá-los no estudo autônomo com o simulador. Ambos grupos realizaram o pré-teste, atividades com o simulador e depois o pós-teste para a comparação dos resultados das notas (Tabela 18)

Tabela 18 - Desenho do terceiro estudo

Grupo	Avaliação	Intervenção	Avaliação
-------	-----------	-------------	-----------

¹³ Alunos do primeiro ano dos cursos de Ciências e Tecnologia dos Alimentos, Tecnologia Animal e Medicina Veterinária

Aula presencial	Pré-teste	Estratégia PODS auxiliada com simulador	Pós-teste
Aula à distância	Pré-teste	Simulação com base no roteiro de atividades pedagógicas	Pós-teste

Neste estudo também foi feita uma análise quantitativa dos resultados com recurso à estatística descritiva para aferir os dados das respostas dos testes aplicados na pesquisa para ambos os grupos. Para a verificação da diferença entre os realizou-se o teste de *Mann-Whitney*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresenta-se e discute-se os resultados de cada experimento, separadamente.

5.3 Experimento I

5.1.1 Levantamento dos subsunçores

A fim de fazer o levantamento dos subsunçores para a aprendizagem do PFH submeteu-se os alunos a um teste contendo 10 questões relacionadas com os conceitos de densidade da substância e pressão. Algumas dessas questões envolvem cálculos e outras apenas de interpretação dos conceitos e fenômenos. Os resultados estatísticos gerais são apresentados na Tabela 19. As notas dos alunos variaram de 40% (nota mínima) a 100% (nota máxima), sendo a média de 85% e a mediana de 90% com um desvio padrão de 13%. Esses dados permitiram chegar a uma aproximação da existência de evidências dos requisitos mínimos necessários a respeito dos subsunçores para a aprendizagem do PFH. Entretanto é notória a não homogeneidade do grupo que pode ser verificada a partir do resultado do desvio padrão que revela a existência dessa dispersão dos dados. O valor da nota mínima 40% concorre para essa maior discrepância.

Tabela 19 - Resultados estatísticos gerais da avaliação prévia para o levantamento dos subsunçores

ESTATÍSTICA		
Pontuação mínima	Mediana	Pontuação máxima
40%	90%	100%
Média: 85%		
Desvio padrão: 13%		

Fez-se ainda uma análise da classificação das perguntas em função do grau de dificuldade (Tabela 20). A questão que apresentou mais problemas para os alunos foi a pergunta 10 (**P10**), com o nível de acerto de 15% seguida da pergunta 8 (**P8**) com um nível de acerto de 79%, em terceiro lugar ficaram as perguntas (**P5, P6 e P9**) com 91% de acerto, em quarto lugar a pergunta (**P7**) com 94% de acerto e em quinto lugar as perguntas (**P1, P2, P3 e P4**) com 97% de acerto. Diante dos dados apresentados foi organizada uma guia de correção para colmatar as possíveis dúvidas dos alunos, em particular da pergunta 10 que mereceu uma especial atenção no seu tratamento, pois, verificou-se que 85% deles não responderam acertadamente a esta questão. A pergunta 10 era uma questão de cálculo e constatou-se que os alunos resolveram a questão com os dados disponíveis e chegaram a um resultado próximo das alternativas apresentadas como solução, porém, não prestaram atenção na unidade da respectiva grandeza que não correspondia a solicitação desta pergunta.

Tabela 20 - Classificação das perguntas em função do grau de dificuldade

Perguntas (10)	Dificuldade	Pontuação média
P10	1	15%
P8	2	79%
P5	3	91%
P6	3	91%
P9	3	91%
P7	4	94%
P1	5	97%
P2	5	97%
P3	5	97%
P4	5	97%

5.1.2 Resumo dos resultados do relatório

A Tabela 21 apresenta o resumo das conclusões com relação à aprendizagem dos alunos após o uso do simulador. De uma forma geral pode-se concluir que a maioria dos alunos entendeu que a pressão hidrostática depende da profundidade e da densidade do fluido contido no recipiente e que essa dependência é de proporcionalidade direta. Por outro lado, eles perceberam que ao tampar e destampar o recipiente criam condições de existência ou não da pressão atmosférica sobre o fluido contido no recipiente, e também que a pressão atmosférica cria um acréscimo à pressão hidrostática.

Entretanto, nem todos os alunos tiveram acesso ao simulador devido à incompatibilidade do simulador com o seu dispositivo móvel, que é o caso do aluno D, tendo optado por responder ao relatório assim como o pós-teste com base nos conteúdos fornecidos em material escrito e vídeo aulas. Este cenário acabou influenciando de certa forma os resultados do pós-teste.

Tabela 21 - Conclusões dos alunos após o uso do simulador

Aluno	Conclusões
A	“Observei que com a pressão atmosférica todos os buracos ao serem abertos, soltam um jato muito mais longe. Porém o líquido que for mais denso (com maior densidade) ele vai mais longe ainda (comparado com os menos densos). E também observei que quanto mais “baixo” o buraco estiver, mais longe irá o jato”.
B	“Podemos notar que quanto maior é a profundidade e a densidade de um líquido, maior é o jato do líquido em questão, sendo que a sua pressão hidrostática também será maior; e vice-versa (grandezas diretamente proporcionais). Quando destampamos a garrafa a pressão atmosférica se anula, sendo assim, só terá a pressão hidrostática atuando no líquido. Isso, conseqüentemente, faz com que aumente de tamanho o jato do líquido que sairá da garrafa destampada. Quando a garrafa se encontra tampada, há mais pressão atmosférica atuando sobre ela, do que a própria pressão hidrostática, o que faz com que o líquido não saia da garrafa”.

C	“Analisei que o resultado do experimento depende do líquido utilizado, pressão e altura; se usarmos tudo igual e líquidos diferentes, mesmo assim teremos resultados diferentes, por conta da densidade do líquido, aqui no nosso experimento, utilizamos água, gás natural e mercúrio, todos no estado líquido, sendo o menos denso o gás natural e o mais denso o mercúrio”.
D	“Não consegui fazer as atividades no aplicativo, pois meu celular não foi compatível, fiz o questionário com base no que entendi com os pdfs que foram mandados no Drive”.
E	“Com a tampa aberta todos os líquidos ganharam mais pressão e por consequência, os jatos alcançaram uma distância maior na régua. Enquanto que com a tampa fechada, sem pressão atmosférica, a distância que os jatos alcançaram diminuiu de maneira significativa em todos os líquidos”.
F	“Que a água é maior em certos níveis dependendo de quais são”
G	“Sendo o princípio da hidrostática, quanto maior for a profundidade de um fluido, maior será a pressão que ele exercerá. Por isso que o jato na régua é maior no último orifício. Há uma diferença nos jatos de cada fluido com a tampa fechada e aberta, porque com a tampa destapada tem a força da pressão atmosférica atuando de dentro para fora, por conta dessa pressão a força em que o líquido é ejetado pelos buracos é maior. A pressão hidrostática depende da densidade do fluido, da altura da coluna do líquido e da gravidade”.
H	“A densidade do mercúrio é maior que a da água é muito maior que a do gás natural, com a tampa aberta entra a pressão atmosférica e os jatos ficam mais fortes, com a tampa fechada os jatos são mais fracos. Dos 3 buracos, o mais alto sempre acaba primeiro, não tem um alcance tão longe e é bem rápido, o do meio fica no meio mesmo, é o meio do mais alto e mais baixo, o mais baixo tem o alcance maior do jato, é mais demorado e é o último a acabar”.
I	“Em síntese, a profundidade e a densidade são grandezas que influenciam em uma maior ou menor pressão Hidrostática de um líquido em um determinado recipiente. Quanto maior são a profundidade e a densidade, maior é a pressão Hidrostática exercida no interior do líquido; quanto menor são a profundidade e a densidade, menor é a pressão Hidrostática exercida no interior do líquido”.
J	“Pude perceber que quando os níveis de alturas são diferentes, as pressões acabam também sendo diferentes. Quanto mais alta a posição, menor a pressão, quanto mais profunda mais pressão fazendo com que o jato de água vá mais longe. E dependendo da substância também pode ser diferente, mas os níveis de pressão se aplicam para todos, quanto mais profundo, maior a pressão. Quando a tampa é aberta, a pressão acaba sendo maior por causa do ar atmosférico”.
K	“Que hidrostática estuda as características dos fluidos em repouso. Em especial, estabelece relações com a pressão exercida sobre corpos imersos em fluidos como o ar atmosférico e a água”.
L	“A diferença entre pressões (repouso) é igual ao produto entre a densidade do fluido, a gravidade e a diferença entre as profundidades dos pontos”.

5.1.3 Resultados do pré-teste e pós-teste

Os resultados do pré-teste foram baixos, como ilustra a Tabela 22, sendo a média aritmética das notas igual a 47,5%, numa escala de (0 a 100) %. A nota mínima obtida foi de 17%, a máxima de 100% e a mediana foi de 42%. O desvio padrão que é a medida de dispersão

de um conjunto de dados está bem afastado do zero (0) o que mostra que os resultados destas notas não foram homogêneos.

Tabela 22 - Dados estatísticos referentes ao pré-teste

ESTATÍSTICAS		
Pontuação mínima	Mediana	Pontuação máxima
17%	42%	100%
Média: 47,5%		
Desvio padrão: 24%		

Os resultados do pós-teste mostram alguma melhoria significativa com relação a todas as medidas estatísticas analisadas. Houve um aumento na nota mínima na ordem de 8%, na mediana esse aumento foi de 33% e a média teve um acréscimo de 20%, tendo se mantido o valor da nota máxima em 100%. Estas análises podem ser visualizadas fazendo uma comparação dos dados estatísticos das Tabelas 22 e 23.

Tabela 23 - Dados estatísticos referentes ao pós-teste

ESTATÍSTICAS		
Pontuação mínima	Mediana	Pontuação máxima
25 %	75%	100%
Média: 67%		
Desvio padrão: 22%		

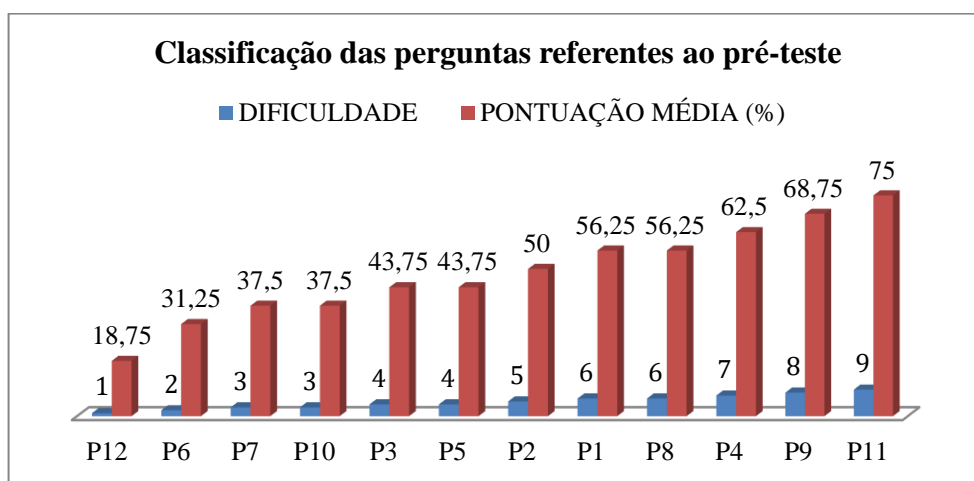
5.1.4 Classificação das questões do pré-teste e pós-teste quanto ao nível de dificuldade

Tanto as questões do pré-teste assim como do pós-teste foram classificadas quanto ao nível de dificuldade. Essa classificação foi dividida em três categorias. As **questões** com menos de 30% de acerto são consideradas difíceis; entre 30% e 70% de acerto são consideradas médias e as fáceis são as questões com mais de 70% de acerto. Assim sendo, segundo o Gráfico 1 que representa as questões do pré-teste, apenas a pergunta 12 (P12) foi classificada como difícil, as perguntas (P6, P7, P10, P3, P5, P2, P1, P8, P4 e P9) foram classificadas como médias e a pergunta 11 (P11) como fácil. Esta classificação foi obtida tomando em conta a amostra utilizada para pesquisa, este parâmetro de dificuldade das questões pode variar de pesquisa para pesquisa em função da amostra dos sujeitos, ou seja, os parâmetros dependem dos sujeitos utilizados na pesquisa.

Segundo Pasquali, e Primi (2003), os parâmetros dos itens de um teste dependem da amostra de sujeitos em que eles foram calculados. Assim, um item qualquer se torna mais

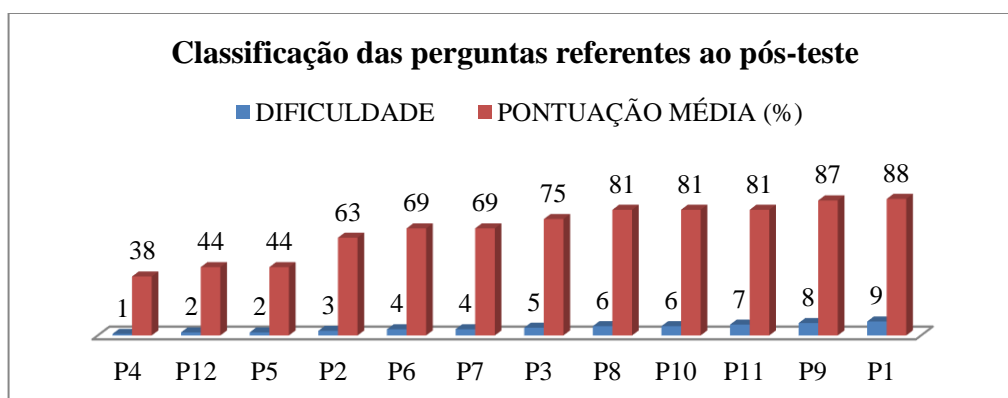
difícil ou mais fácil, dependendo da amostra ser composta de sujeitos mais inteligentes ou menos inteligentes.

Gráfico 1 - Classificação das perguntas do pré-teste quanto ao nível de dificuldade



O Gráfico 2, relativo aos resultados do pós-teste, apresenta a classificação das questões quanto ao nível de dificuldade, que de uma forma geral mostrou algum aumento dos dados quantitativos com relação à essa classificação. Assim, segundo os parâmetros de classificação aqui apresentados, nenhuma das questões foi classificada como difícil. As perguntas (P4, P12, P5, P2, P6 e P7) foram classificadas como médias, já as perguntas (P3, P8, P10, P11, P9 e P1) foram classificadas como fáceis.

Gráfico 2 - Classificação das perguntas do pós-teste quanto ao nível de dificuldade



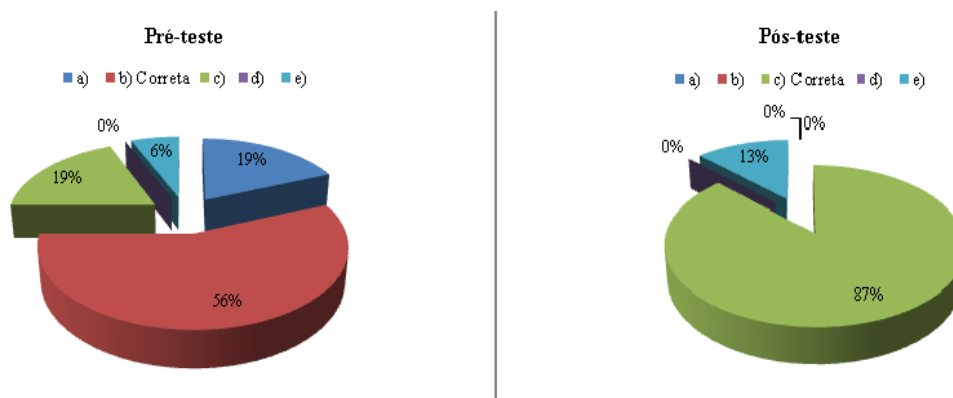
5.1.5 Comparação dos resultados das questões similares do pré-teste e pós-teste

Estes testes têm em vista apresentar questões relacionadas com o PFH e os seus resultados mensuram duas etapas distintas do processo ensino-aprendizagem. A primeira fase visa analisar o desempenho de cada aluno após a aula ministrada na modalidade em EAD, e a segunda fase, após a intervenção com o recurso de aprendizagem proposto, permite verificar se houve ou não evolução da aprendizagem dos alunos. Para tal, consideraram-se as questões

similares em termos de objetivos e ao grau de dificuldade tanto no pré-teste como no pós-teste. Os gráficos a seguir ilustram os resultados dessas questões similares.

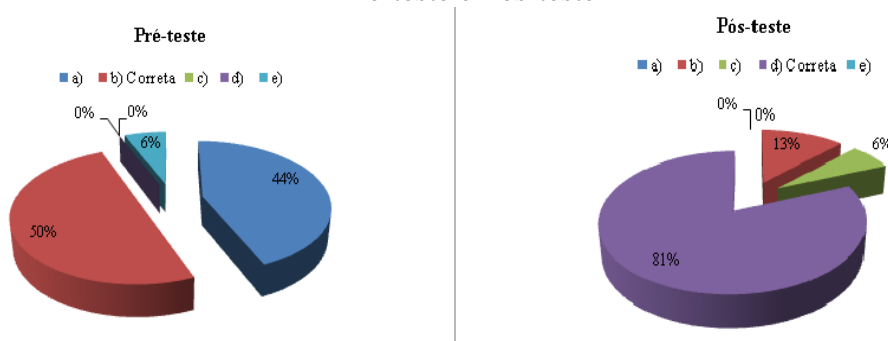
A primeira questão similar (Gráfico 3) tem como objetivo relacionar a pressão hidrostática com a profundidade e apresenta um grau de dificuldade baixo. Com relação a esta questão, após a intervenção com o simulador verificou-se uma evolução de cerca de 30% em nível de acerto, por outro lado, percebe-se também que não houve dispersão nas respostas do pós-teste, sendo que outras se concentraram em apenas uma segunda alternativa.

Gráfico 3 - Análise quantitativa da resposta com relação à primeira questão similar do Pré-teste e Pós-teste



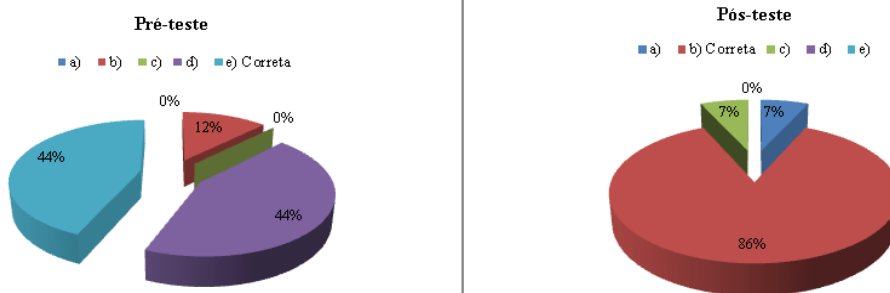
A segunda questão similar (Gráfico 4) espera buscar o entendimento dos alunos com relação à aprendizagem mais geral sobre a pressão exercida por um fluido. Os resultados apresentados para o pós-teste referentes a esta questão revelam aumento de 31% em nível de acerto.

Gráfico 4 - Análise quantitativa da resposta com relação à segunda questão similar do Pré-teste e Pós-teste



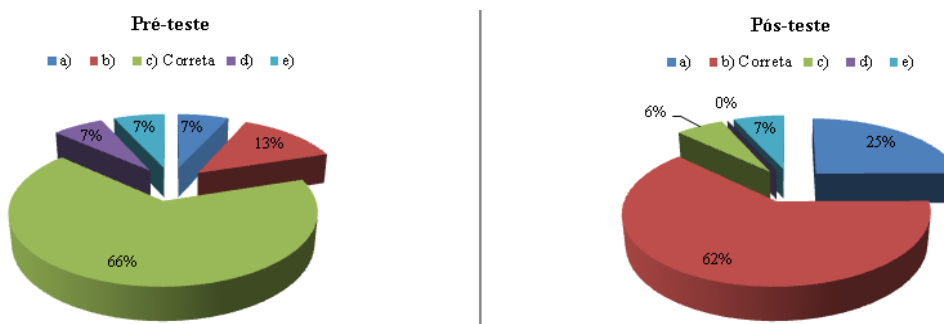
A terceira questão similar (Gráfico 5) tem como objetivo identificar a pressão hidrostática exercida em determinado ponto de um sistema (filtro de água). Com relação a esta questão verificou-se um incremento de acerto na ordem de 42%.

Gráfico 5 - Análise quantitativa da resposta com relação à terceira questão similar do Pré-teste e Pós-teste



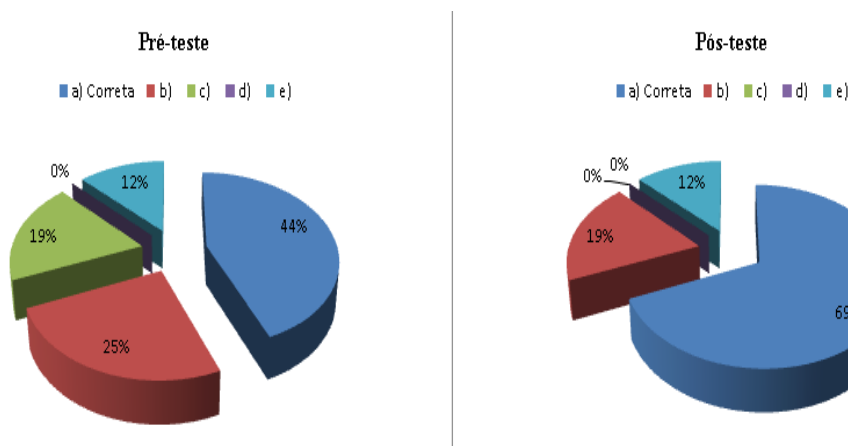
Com relação à quarta questão similar (Gráfico 6) constatou-se uma perda de 4% em nível de acerto. Provavelmente essa perda tenha sido causada pela interpretação do esquema, pois, esta questão ilustra um sistema de instalação hidráulica com caixa de água e cano tendo como objetivo associar o valor da pressão da água a uma determinada altura.

Gráfico 6 - Análise quantitativa da resposta com relação à quarta questão similar do Pré-teste e Pós-teste



O Gráfico 7 ilustra os resultados referentes à quinta questão similar e que tinha como objetivo avaliar o conhecimento dos alunos sobre a pressão em sistemas de vasos comunicantes. Pode-se constatar que houve um ganho de 25% do pré-teste para o pós-teste com relação ao acerto nesta questão.

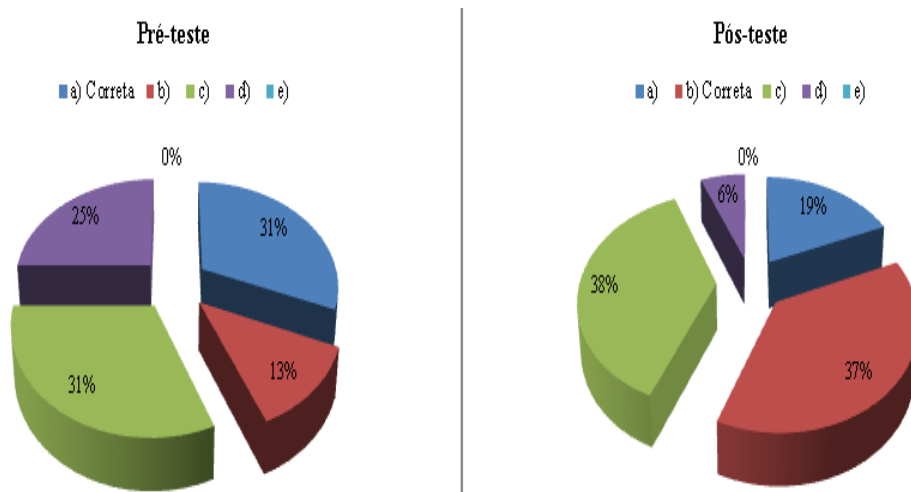
Gráfico 7 - Análise quantitativa da resposta com relação à quinta questão similar do Pré-teste e Pós-teste



A sexta questão similar (Gráfico 8) é referente a um sistema de vasos comunicantes com uma válvula que permite controlar o fluxo de um fluido dentro do aparelho. O objetivo

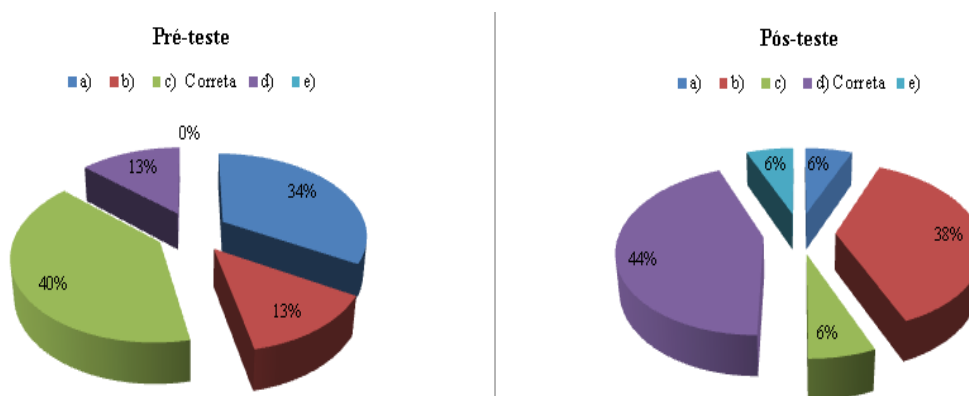
desta questão era analisar e comparar a influência da pressão dentro desse sistema. Verificou-se que houve um ligeiro ganho a nível de acerto na ordem de 6%.

Gráfico 8 - Análise quantitativa da resposta com relação à sexta questão similar do Pré-teste e Pós-teste



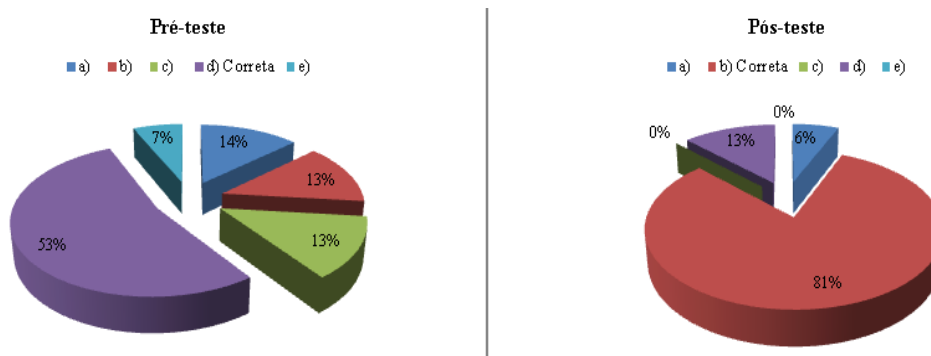
A sétima questão similar (Gráfico 9) está relacionada com um sistema tecnológico envolvendo tubos com diâmetros diferentes, contendo algum líquido no seu interior. O objetivo desta questão é relacionar a altura dos fluidos dentro do referido sistema. Os resultados dos testes mostram que houve um ligeiro ganho de 4% no nível de acerto.

Gráfico 9 - Análise quantitativa da resposta com relação à sétima questão similar do Pré-teste e Pós-teste



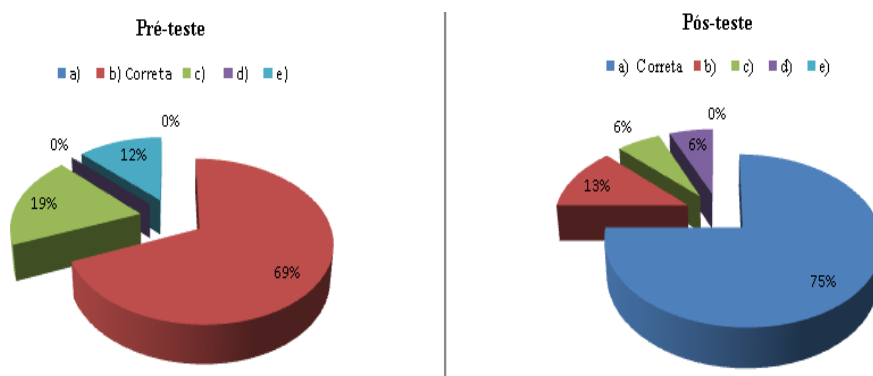
A oitava questão similar (Gráfico 10) tinha como objetivo calcular a pressão hidrostática em Pascais (unidade de pressão no Sistema Internacional) em um determinado ponto no interior de uma caixa d'água. Os resultados dos testes mostram um aumento de 28% no nível de acerto a esta questão.

Gráfico 10 - Análise quantitativa da resposta com relação à oitava questão similar do Pré-teste e Pós-teste



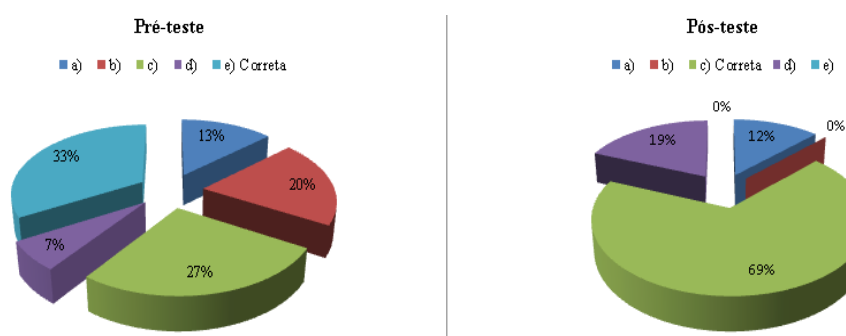
A nona questão similar (Gráfico 11) tinha como objetivo a análise qualitativa da relação de proporcionalidade das grandezas de pressão hidrostática com a profundidade. Com relação aos resultados desta questão constatou-se um aumento percentual na ordem de 8% com relação ao nível de acerto.

Gráfico 11 - Análise quantitativa da resposta com relação à nona questão similar do Pré-teste e Pós-teste



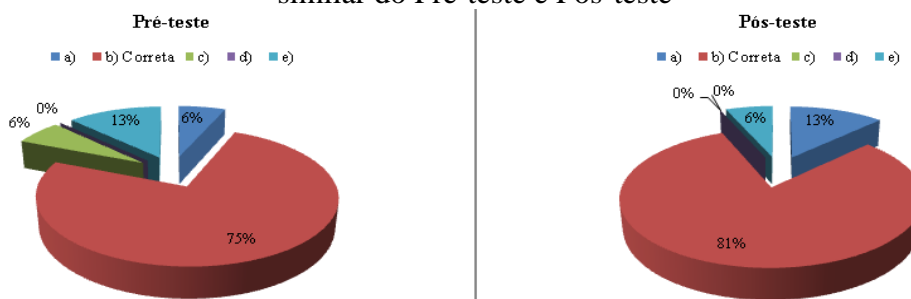
A décima questão similar (Gráfico 12) tinha como finalidade efetuar o cálculo da profundidade, sendo dada a grandeza e pressão atmosférica, e partindo do princípio que as densidades da água assim como a aceleração de gravidade no local são previamente conhecidas. Os resultados revelam um aumento de 36% com relação ao nível de acerto.

Gráfico 12 - Análise quantitativa da resposta com relação à décima questão similar do Pré-teste e Pós-teste



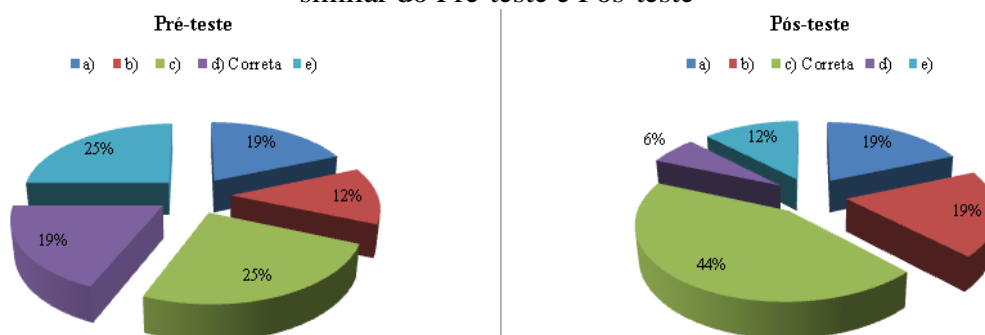
Com relação à décima primeira questão similar (Gráfico 13) que tinha como objetivo relacionar a pressão hidrostática numa garrafa PET em diferentes pontos foi possível constatar um ligeiro aumento a nível de acerto na ordem de 6%.

Gráfico 13 - Análise quantitativa da resposta com relação à décima primeira questão similar do Pré-teste e Pós-teste



A décima segunda questão similar (Gráfico 14) considerada a mais difícil nesta amostra, que tinha como objetivo relacionar a pressão hidrostática numa garrafa PET com a densidade do fluido contida no seu interior, revelou um aumento de 25% a nível de acerto.

Gráfico 14 - Análise quantitativa da resposta com relação à décima segunda questão similar do Pré-teste e Pós-teste



5.1.6 Teste t para as duas amostras

Para a verificação da diferença entre as duas condições que são, os resultados da avaliação dos alunos antes do uso do aplicativo e após o seu uso, realizou-se o Teste-t de *Student* para duas amostras em par para médias, levantando as seguintes hipóteses:

H_0 (hipótese nula): O uso do simulador da Lei de Stevin não favorece a aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática.

H_1 (hipótese alternativa): O uso do simulador da Lei de Stevin favorece a aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática.

Conforme os dados da Tabela 24 verifica-se que o P ($T \leq t$) bi lateral foi de 0,0000022 é um valor menor do que o nível de significância utilizado de 0,05, ou seja, com um grau de confiança de 95%. Este resultado permite rejeitar a hipótese nula (H_0), admitindo concluir que

há diferença significativa entre as duas médias, ou seja, o uso do simulador da Lei de Stevin favorece a aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática.

Tabela 24 - Teste-t para duas amostras em par para médias

	Pré-teste	Pós-teste
Média	4.75	6.71875
Variância	6.150666667	4.95895833
Observações	16	16
Correlação de Pearson	0.903110925	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	15	
Stat t		
P(T<=t) uni-caudal	0.0000011	
t crítico uni-caudal	1.753050356	
P(T<=t) bi-caudal	0.0000022	
t crítico bi-caudal	2.131449546	

5.2 Experimento II

5.2.1 Avaliação dos simuladores

As avaliações dos simuladores **Sob Pressão** e da **Lei de Stevin** feita pelos professores de Física, gerou os dados da Tabela 25. Os professores avaliaram as métricas de cada uma das características da qualidade externa conferindo a nota para cada atributo. Calculou-se as médias de cada atributo e fez-se o somatório das médias. O somatório da média do simulador Sob Pressão foi de 206 e do simulador da Lei de Stevin foi de 196, como consequência dessas médias a taxa da qualidade externa foi 90,5% e 85,8% respectivamente. Em relação aos fatores de suficiência e de adequação funcional, ambos os simuladores são adequados funcionalmente, pois todos os itens da adequação funcional foram avaliados com nota 3 que é superior à nota mínima (2) prevista no MAPHYSE.

Tabela 25 - Avaliação dos simuladores a nível de características de qualidade externa

Características de Qualidade Externa	Atributo	Ref.	Peso	Nota 1 (Simulador Sob Pressão)				Nota 2 (Simulador da Lei de Stevin)				Aval. 1	Aval. 2
				P1	P2	P3	Média 1	P1	P2	P3	Média 2		
Adequação Funcional	Complectude funcional	Se1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9
	Acurácia	Se2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9
	Funcionalidade apropriada	Se3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9
Confiabilidade	Maturidade	Se4	2	3	3	3	3	2	3	3	3	6	5

	Interoperabilidade - Importação	Se32	1	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	
	Interoperabilidade - Exportação	Se33	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	
Segurança	Confidencialidade - professores	Se34	3	1	1	1	1	2	2	2	2	3	6	
	Confidencialidade - alunos	Se35	3	3	3	3	3	3	2	2	2	9	7	
	Integridade	Se36	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9	
	Não repúdio	Se37	3	3	2	3	3	1	2	2	2	8	5	
	Rastreabilidade de uso	Se38	3	3	3	3	3	3	3	2	3	9	8	
	Autenticidade	Se39	3	3	3	3	3	3	2	2	2	9	7	
		Nep	39											
	Nea	39												
	PQe		76											
	SQe											206	196	
	TQe			90,5%				85,8%						
	TCe		100,0%											

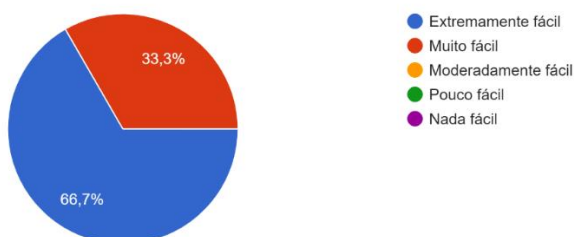
5.2.2 Opinião dos professores sobre o MAPHYSE

Após a apresentação do MAPHYSE e a sua utilização pelos professores, buscou-se fazer uma pesquisa sobre a percepção deles em relação ao modelo. Para tal foram formuladas 5 questões de múltipla escolha e uma de questão aberta.

A primeira questão (Gráfico 15) tinha como objetivo entender se foi fácil ou não o treinamento do uso do MAPHYSE. Dois professores afirmaram ter sido extremamente fácil e o terceiro afirmou ser muito fácil. Este resultado mostra que a utilização do modelo é compreensível.

Gráfico 15 - Percepção do treinamento por parte dos professores

Foi fácil receber o treinamento necessário para o uso do MAPHYSE?
3 respostas

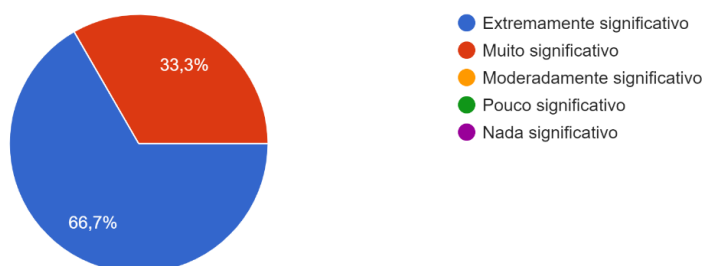


A segunda questão visava perceber por parte dos professores, se a avaliação dos simuladores com base no MAPHYSE era ou não expressiva. Segundo os resultados do Gráfico

16, percebe-se que foi muito significativo (1 professor) e extremamente significativo (2 professores). Com este resultado pode-se afirmar que estes professores estiveram engajados na avaliação dos dois simuladores apresentados nesta pesquisa.

Gráfico 16 - Percepção da avaliação dos simuladores por parte dos professores

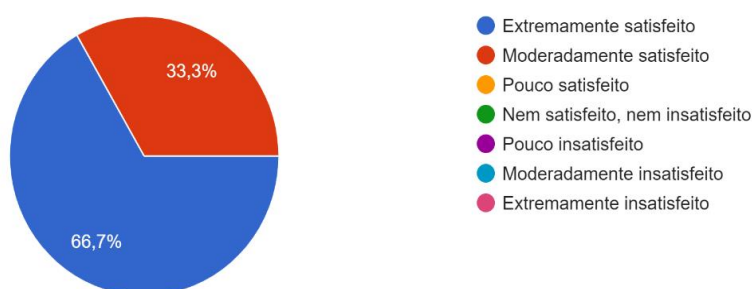
Quão significativo foi o seu trabalho para avaliação de simuladores com o MAPHYSE?
3 respostas



A terceira questão procurava entender a satisfação dos professores durante a avaliação do modelo, os resultados foram similares ao anterior. Dois professores ficaram extremamente satisfeitos e um ficou moderadamente satisfeito (Gráfico 17). Estes resultados também são animadores no sentido de que este modelo de avaliação poderá auxiliar professores a fazerem o seu trabalho com alguma motivação intrínseca.

Gráfico 17 - Satisfação dos professores em relação ao uso do MAPHYSE

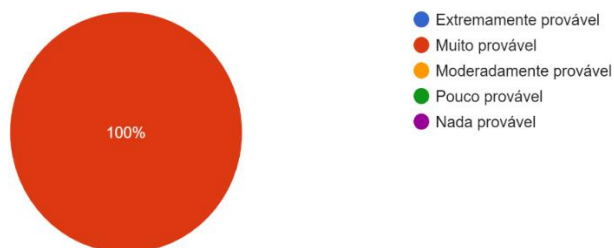
No geral, ficou satisfeito com a sua experiência de avaliação com o MAPHYSE?
3 respostas



A quarta questão procurou saber dos professores, qual a probabilidade de eles continuarem a usar este modelo de avaliação de simuladores (Gráfico 18). Todos eles (3 professores), responderam que é muito provável. A ser assim, entende-se que eles poderão incluir o MAPHYSE como mais uma ferramenta útil para o seu trabalho.

Gráfico 18 - Probabilidade de continuar a usar o MAPHYSE

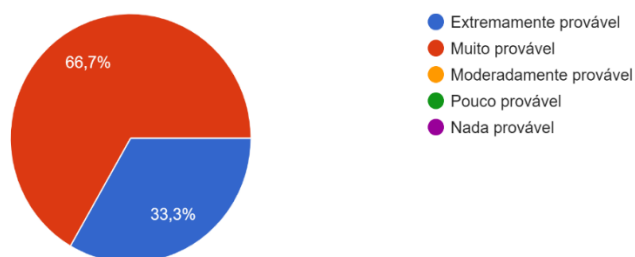
Qual é a probabilidade de continuar a usar o MAPHYSE?
3 respostas



A quinta questão tinha como objetivo entender se os professores poderiam recomendar a seus colegas o uso desse modelo de avaliação de simuladores. Um deles respondeu que seria extremamente provável essa recomendação e os outros dois responderam ser muito provável (Gráfico 19). Generalizando, todos eles mostraram ter vontade de recomendar este recurso de avaliação. Assim, prevê-se que a abrangência do recurso poderá ser maior com o decorrer do tempo.

Gráfico 19 - Probabilidade de recomendar o MAPHYSE

Qual é a probabilidade de recomendar o MAPHYSE para outros como um bom modelo de avaliação de Simuladores/Laboratórios Virtuais?
3 respostas



A sexta e última questão visava obter uma opinião objetiva dos professores sobre o MAPHYSE. Essas opiniões podem ser visualizadas na Tabela 26. Apesar do número reduzido de professores avaliadores do modelo, foi possível constatar que o resultado foi satisfatório visto que é consenso dos professores que o MAPHYSE responde as expectativas de avaliação de simuladores/laboratórios virtuais.

Tabela 26 - Comentários gerais dos professores sobre o MAPHYSE

Professor	Comentário
A	Muito interessante. Nunca havia avaliado um simulador antes. Responde aos objetivos de avaliação de um simulador.

B	É bom ter um modelo para avaliação de simuladores.
C	Permite avaliar laboratórios virtuais e conseqüentemente dar um retorno ao professor sobre a qualidade dos mesmos.

5.2.3 Resultado do grupo que usou o simulador da Lei de Stevin (G1) e o grupo que usou o simulador Sob Pressão (G2)

Inicialmente realizou-se o teste de Levene que permite averiguar a homogeneidade das variâncias a partir da leitura do valor de p para a média. Neste caso, conclui-se que as variâncias são homogêneas nos dois grupos, uma vez que a significância (o valor de p) associada ao teste é superior a 0,05 (Tabela 27). Este resultado atende uma das condições para a realização do Teste t, permitindo deste modo a realização dos outros pressupostos para decidir o tipo de teste a ser realizado.

Tabela 27 - Teste de Levene para o pré-teste do grupo que usou o simulador da Lei de Stevin (G1) e o grupo que usou o simulador Sob Pressão (G2)

TYPE	P-VALUE
MEANS	0,402305
MEDIANS	0,421225
TRIMMED	0,417363

Com o objetivo de atender os outros pressupostos para a realização ou não do Teste t para se comparar as notas dos dois grupos, realizou-se o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*¹⁴. Com base na Tabela 28, verificou-se que tanto o grupo G1 assim como o grupo G2 não satisfazem a curva normal, pois ambos valores de p são inferiores a 5%. Com base nesse resultado, concluiu-se que não se pode realizar o Teste t para o pós-teste de ambos os grupos. Assim, decidiu-se realizar o teste de *Mann-Whitney*¹⁵ que é indicado para comparação de dois grupos não pareados a fim de se verificar se pertencem ou não à mesma população e cujos requisitos para aplicação do Teste t de *Student* não foram cumpridos.

Tabela 28- Teste de Shapiro-Wilk para o pós-teste do grupo G1 e G2

	Pós-teste G1	Pós-teste G2
<i>W-stat</i>	0,933876156	0,892141891
<i>p-value</i>	0,010513088	0,000728831
<i>alpha</i>	0,05	0,05
normal	no	no

¹⁴ O teste de Shapiro-Wilk tem como objetivo avaliar se uma distribuição é semelhante a uma distribuição normal.

¹⁵ O teste de Mann-Whitney é indicado para comparação de dois grupos não pareados para se verificar se pertencem ou não à mesma população e cujos requisitos para aplicação do teste t de Student não foram cumpridos.

Para se verifica-se se há evidências para acreditar que valores grupo G1 são ou não superiores aos valores do grupo G2 formulou-se as seguintes hipóteses:

H_0 (hipótese nula): Não há diferença significativa das notas entre o grupo que usou o simulador da Lei de Stevin (G1) e o grupo que usou simulador sob pressão (G2).

H_1 (hipótese alternativa): Há diferença significativa das notas entre o grupo que usou o simulador da Lei de Stevin (G1) e o grupo que usou simulador sob pressão (G2).

O teste de *Mann-Whitney* (Tabela 29) para as duas amostras (G1 e G2) mostrou que não há diferença significativa entre as notas dos grupos, pois o $U = 870$ e o p -exato é maior que 0,05.

Tabela 29 - Teste de Mann-Whitney para o pós-teste do grupo G1 e G2

	Pós-teste G1	Pós-teste G2
<i>count</i>	47	43
<i>median</i>	8	8,3
<i>rank sum</i>	1998	2097
U	1151	870
	one tail	two tail
U	870	
<i>mean</i>	1010,5	
<i>std dev</i>	122,9142838	ties
<i>z-score</i>	1,139005132	yates
<i>effect r</i>	0,120061683	
<i>p-norm</i>	0,127350507	0,254701014
<i>p-exact</i>	0,129749109	0,259498219
<i>p-simul</i>	N/A	N/A

5.3 Experimento III

5.3.1 Resultado do modelo de ensino Presencial e do modelo de Ensino à Distância

No presente experimento se fez uma comparação das notas dos alunos que usaram o simulador em aulas presenciais, assim como os alunos que usaram o simulador fora da sala de aula. Assim como no experimento anterior, verificou-se, se os dados das notas dos alunos atendiam os pressupostos para a realização do Teste t e conferiu-se que não atendiam (Tabela 30 e Tabela 31), o que remeteu a realização do teste de *Mann-Whitney*.

Tabela 30 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o pré-teste do grupo que simulou à distância e o grupo que simulou presencialmente

	PRÉ-TESTE - EAD	PRÉ-TESTE- PRESENCIAL
W-stat	0,939436485	0,919825698

p-value	0,002510666	2,56221E-06
alpha	0,05	0,05
normal	no	no

Tabela 31 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o pós-teste do grupo que simulou a distância e o grupo que simulou presencialmente

	PÓS-TESTE - EAD	PÓS-TESTE - PRESENCIAL
W-stat	0,905171511	0,874500444
p-value	5,56287E-05	2,10628E-11
alpha	0,05	0,05
normal	no	no

O teste de *Mann-Whitney* para o pré-teste dos dois grupos mostrou que existe diferença significativa entre as notas dos dois grupos, como pode-se verificar na Tabela 32, onde o valor de $U = 2641$ e o de p é inferior a $0,05$. Em geral, o grupo das aulas presenciais apresentou notas superiores às do grupo das aulas à distância. Para contornar essa situação procurou-se nivelar o grupo das aulas à distância, atendendo as questões que estes apresentaram mais dificuldades.

Tabela 32 - Teste de Mann-Whitney para o pré-teste do grupo que simulou presencialmente e o grupo que simulou à distância

	PRÉ-TESTE - EAD	PRÉ-TESTE - PRESENCIAL
count	68	119
median	5,8	8
rank sum	4987	12591
U	5451	2641
	one tail	two tail
U	2641	
mean	4046	
std dev	354,039862	ties
z-score	3,967067415	yates
effect r	0,290100701	
p-norm	3,63812E-05	7,27624E-05
p-exact	3,28754E-05	6,57509E-05

Depois que os dois grupos passaram pela simulação, realizou-se o pós-teste a fim de se medir a contribuição do simulador para a aprendizagem dos alunos nas duas situações e para tal formulou-se as seguintes hipóteses:

H_0 (hipótese nula): O grupo que simulou presencialmente e o grupo que simulou à distância não têm diferença significativa nas notas.

H_1 (hipótese alternativa): O grupo que simulou presencialmente e o grupo que simulou à distância têm diferença significativa nas notas.

Embora se possa verificar nos resultados da estatística descritiva (Tabela 33) que a média dos alunos que simulou a distância é inferior à dos alunos que simulou presencialmente,

o teste de *Mann-Whitney* (Tabela 34) mostrou que essa diferença não é significativa ($U=5668$ e p exato é maior que 0,05), ou seja, pode-se validar H_0 .

Tabela 33 - Estatística descritiva do pós-teste para o grupo que simulou presencialmente e o grupo que simulou à distância

	PÓS-TESTE - EAD	PÓS-TESTE - PRESENCIAL
Mean	8,091549296	8,382978723
Standard Error	0,14511144	0,105921173
Median	8	9
Mode	8	10
Standard Deviation	1,222730724	1,452317955
Sample Variance	1,495070423	2,109227443
Kurtosis	0,345825058	2,58960597
Skewness	-0,610506904	-1,114678986
Range	5	9
Maximum	10	10
Minimum	5	1
Sum	574,5	1576
Count	71	188
Geometric Mean	7,991444819	8,211033577
Harmonic Mean	7,880549683	7,873167813
AAD	0,89069629	1,175192395
MAD	1	1
IQR	1	3

Tabela 34 - Teste de Mann-Whitney

	PÓS-TESTE - EAD	PÓS-TESTE - PRESENCIAL
count	71	188
median	8	9
rank sum	8224	25446
U	7680	5668
	one tail	two tail
U	5668	
mean	6674	
std dev	523,8434348	ties
z-score	1,919466644	yates
effect r	0,119269854	
p-norm	0,027462652	0,054925304
p-exact	0,030710409	0,061420817
p-simul	N/A	N/A

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo faz-se o sumário do trabalho realizado nesta tese. Nos subcapítulos seguintes, são apresentados um resumo da pesquisa realizada e são destacadas as suas contribuições. Posteriormente é apresentado alguns possíveis trabalhos futuros.

6.3 Contribuições da tese

A presente tese de doutorado propôs-se a analisar aspectos relacionados à aprendizagem significativa de alunos. Para tal recorreu-se ao uso de simuladores virtuais hipermídia como recurso de aprendizagem de Física para a realização de atividades experimentais.

O objetivo principal foi investigar o impacto do uso de simuladores avaliados recorrendo-se a um modelo criado para o efeito com base na norma ISO/IEC 25010 (2011). Esse modelo foi nomeado de MAPHYSE (Modelo para Avaliação de Simuladores de Física) e tem como finalidade auxiliar desenvolvedores, instituições de ensino, professores e alunos a avaliarem esses recursos de aprendizagem.

Intencionando medir a aprendizagem dos alunos com os recursos de aprendizagem propostos, para embasar a tese utilizou-se: i) a **teoria da aprendizagem significativa** que considera que para que haja ocorrência desta, é necessário que duas condições sejam satisfeitas: a primeira que se adote materiais e estratégias potencialmente significativas por parte do docente e a segunda, que haja predisposição para aprender por parte do aluno; ii) as **trajetórias de aprendizagem** que serviram de suporte para orientaram o planejamento das aulas e; iii) a **aprendizagem experiencial** que é um modelo de ensino incentivado pela experiência e que representa a forma como as pessoas desenvolvem o seu aprendizado.

Na presente tese formulou-se e propôs-se a responder a seguinte questão de pesquisa: como é que a qualidade dos simuladores e laboratórios virtuais impactam na aprendizagem significativa dos alunos? Para dar resposta a esta questão foi desenvolvida uma pesquisa de natureza explicativa, de abordagem quantitativa e desenho de experimento verdadeiro na disciplina de Física.

O estudo envolveu alunos de Moçambique e Brasil e as aulas decorreram tanto no modelo presencial quanto à distância.

Foram realizados três estudos: O primeiro visava criar melhorias no simulador da lei de Stevin além de medir a aprendizagem dos alunos. Como resultado, verificou-se que os alunos cometeram um erro comum na aula que foi influenciado por uma falha do simulador e

com base nisso se fez os devidos ajustes e melhorias no simulador. Para este grupo realizou-se o Teste t em par para médias para mensurar se houve ou não evolução nas notas do pré-teste para o pós-teste e verificou-se que houve um aumento de 20% nas médias dos alunos.

O segundo estudo teve como objetivo medir a aprendizagem de alunos que usaram simuladores distintos (Simulador da Lei de Stevin e Simulador Sob Pressão), mas com os mesmos objetivos de aprendizagem. O que se pretendia, era verificar se havia diferença significativa ou não de simuladores com avaliações distintas. Embora as médias e medianas tenham sido diferentes, os resultados do teste estatístico utilizado (*Mann-Whitney*) mostraram que essa diferença não é significativa. Por outro lado, os simuladores foram avaliados por três professores de Física e todos fizeram uma boa avaliação a nível de qualidade externa, sendo de 90,5% para o simulador sob pressão e 85,8% o simulador da lei de Stevin, além de terem sido considerados adequados funcionalmente com nota máxima em todas as subcaracterísticas.

O terceiro estudo tinha como finalidade comparar a aprendizagem dos alunos que fizeram a aula simulada presencial usando o ciclo PODS e os alunos que fizeram à distância usando um roteiro de atividades pedagógicas para o efeito. Neste estudo realizou-se também o teste de *Mann-Whitney* e embora a média e mediana do grupo que fez a aula à distância tenha sido inferior ao grupo que fez a aula presencial, os resultados estatísticos mostraram que essa diferença também não é significativa.

Os resultados desses três estudos mostram indícios fortes de que simuladores de qualidade impactam positivamente na aprendizagem dos alunos, pois nos últimos dois estudos a média dos pós-testes foi acima de 80% enquanto que no primeiro caso em que o estudo foi feito com o simulador da Lei de Stevin antes dos ajustes foi de 67%.

As avaliações dos simuladores realizadas com base no MAPHYSE e os resultados das notas dos alunos permitem afirmar, primeiramente, que a Norma ISO/IEC 25010 suporta a criação de modelos de referência bastante completos de avaliação da qualidade externa e em uso e que é viável selecionar itens de qualidade a serem avaliados. Desde que a adequação funcional seja incluída, visto que é essencial que um software ofereça as funcionalidades a que se propõe.

O MAPHYSE pode ser utilizado por equipes interdisciplinares para avaliar simuladores de Física. Sendo essas avaliações realizadas pelos mesmos critérios e, conseqüentemente, com a mesma completude, permite que educadores tomem decisões mais embasadas, criteriosas, de adoção de simuladores nos processos educacionais em que atuam.

Além disso, permite que desenvolvedores de simuladores recebam *feedbacks* qualificados que os oportunizam a realização de melhorias e correções.

Por outro lado, entende-se que o recurso de aprendizagem (simulador da Lei de Stevin) é limpo, permite vários níveis de interatividade, faz uso adequado dos processos de visualização para a aprendizagem do PFH. Este recurso de aprendizagem mostra indícios de constituir um material instrucional potencialmente significativo, pois, além de cumprir com os princípios da aprendizagem multimídia do Richard Mayer trouxe resultados da aprendizagem satisfatórios.

Estes ganhos significativos na aprendizagem dos alunos revelaram-se satisfatórios, porém não os desejáveis previstos na Trajetória Ideal da Aprendizagem.

A partir desses resultados percebe-se a importância da mudança das metodologias utilizadas nas escolas, pois uma metodologia auxiliada com tecnologia facilita muito mais a mediação de conhecimento do professor para seu aluno, sem deixar que sua aula fique monótona e descontextualizada. Porém, ressalta-se que o simulador ou qualquer outra tecnologia, facilita o papel de mediação do professor no processo ensino-aprendizagem, pois os alunos necessitam de um orientador, ou um facilitador neste processo, que facilite, organize, esclareça e contextualiza tudo que o aluno está aprendendo. Essa ideia é reforçada por Leffa (2006, p. 193), ao afirmar que: “não se trata de substituir o professor, mas de ampliar sua ação através da máquina. O professor torna-se mais presente mesmo estando distante do aluno. Em trabalhos bem feitos o aluno pode sentir no instrumento a voz do próprio professor, retomando o diálogo interrompido no fim da aula presencial”.

A ideia do uso do simulador é de expandir as possibilidades de trabalho do professor para a realização de experiências que permitam o esclarecimento ou o entendimento dos fenômenos, leis, princípios e conceitos da Física. Neste contexto, vale ressaltar que o professor deve estar capacitado para utilizar estes novos recursos de aprendizagem e estar preparado para mudar as práticas pedagógicas em suas aulas para que tenha o resultados satisfatórios, pois, ele deve atender às exigências da geração Z, que é uma geração constituída pelas pessoas que nasceram durante o advento da internet e do crescimento das novas tecnologias digitais, como *smartphones*, videogames e computadores mais velozes, onde todas as coisas estão conectadas num ambiente online.

6.4 Trabalhos Futuros

Devido a pandemia da Covid 19, houve muitas limitações na realização dos experimentos e como consequência disso não se fez tudo o que se pretendia para esta tese.

Pretende-se, futuramente, usar um laboratório virtual multimídia para explorar simulações com os conteúdos diferentes como forma de expandir o estudo, mas antes para cada conteúdo buscar um simulador com os mesmos objetivos da aprendizagem e comparar.

Uma das limitações é que o professor não tem como verificar a trajetória de navegação do aluno dentro do simulador da lei de Stevin, então também se pretende futuramente desenvolver simuladores que permitam deixar clara a trajetória seguida pelo aluno durante a exploração do mesmo. Isso permitirá analisar a melhor trajetória de aprendizagem usada pelo aluno e a partir daí recomendar aos demais.

Outro trabalho futuro a ser explorado é a avaliação do MAPHYSE a nível de qualidade em uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2005. (NBR ISO 9000:2005).

ALBU M. M.; HOLBERT, Keith E., Embedding Remote Experimentation in Power Engineering Education. *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 19, No. 1, February 2004.

ALTHOFF, A. E.; FADEL, L. Visualização da trajetória de navegação de usuários em ambiente virtual de aprendizagem. **Revista Brasileira de Design da Informação**, vol. 17, nº 1, p. 46 – 66, 2016.

ÁLVARES, Alberto José; FERREIRA, João Carlos Espíndola. Metodologia para Implantação de Laboratórios Remotos via Internet na Área de automação da Manufatura. In: **2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF)**, Uberlândia, MG. 2003.

ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. A importância de aulas experimentais no processo ensino-aprendizagem em física: “eletricidade”. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-4, 2005.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. Usos e abusos dos estudos de caso. **Cadernos de pesquisa**, v. 36, p. 637-651, 2006.

ANATEL, Ministério das Comunicações, 2021. Disponível em <<https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/acompanhamento/relatorios-de-acompanhamento/2021>>. Acesso em: 24 de jan. de 2022.

ARTUSO, Alysson Ramos. **O uso da hipermídia no ensino de física: possibilidades de uma aprendizagem significativa**. 2006. 206 f. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Mestrado em Educação, Universidade Federal do Paraná, 2006.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H., **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, David P. The psychology of meaningful verbal learning. 1963.

AUSUBEL, David Paul. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. **São Paulo: Moraes**, v. 198, 1982.

BARBOSA, Cairo Dias et al. **O uso de simuladores via smartphone no ensino de ciência como ferramenta pedagógica na abordagem de conteúdos contextualizados de física**. *Scientia plena*, v. 13, n. 1, 2017.

BASTOS, L.; WILKINSON, R. **Análise Estatística de Simuladores**. 19 SINAPE, 93p, 2010.

BAZIN, M e P. Lucio. **Por Que e Como Estudar o Pêndulo Simples no Laboratório Físico?** *Rev. Bras. Ens. Fís.*, vol 3, 1981.

BIGELOW, Roberta et al. Nuclear and particle physics simulations: The consortium of upper-level physics software. **Nuclear and Particle Physics Simulations: The Consortium of Upper-Level Physics Software**, by Roberta Bigelow, Michael J. Moloney, John Philpott, Joseph Rothberg, pp. 240. ISBN 0-471-54883-9. Wiley-VCH, June 1995., p. 240, 1995.

BORBA, Marcelo de Carvalho; LACERDA, Hannah Dora Garcia. Políticas Públicas e Tecnologias Digitais: Um celular por aluno. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 17, n. 3, 2015.

BORGES, A. P. Instrumentação Virtual Aplicada A Um Laboratório com Acesso Pela Internet. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo (USP). Departamento de Engenharia Elétrica. São Paulo. 2002.

BORGES, T. A. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, Dezembro 2002.

BRASIL, MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2002.

BURNS N.; GROVE S.K. *The practice of nursing research: conduct, critique, and utilization*. 5th ed. St Louis: Elsevier; 2005.

CANTO FILHO, Alberto Bastos do. **MOTRAC: Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual**. 2015. 135 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

CANTO FILHO, Alberto Bastos et al. PBTA-Projeto baseado em trajetórias de aprendizagem. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 1, 2014.

CARDOSO, S. O. de O. **Ensinando o efeito fotoelétrico por meio de simulações computacionais: elaboração de roteiro de aula de acordo com teoria da aprendizagem significativa**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Calor e Temperatura: Um ensino por investigação**. 1ª. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. (Org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CASINI, Marco; PRATTICHIZZO, Domenico; VICINO, Antonio. E-learning by remote laboratories: A new tool for control education. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 36, n. 10, p. 73-78, 2003.

CETIC, **Escolas estão mais presentes nas redes sociais, mas plataformas de aprendizagem a distância são pouco adotadas**. 2020. Disponível em: <https://cetic.br/pt/noticia/escolas-estao-mais-presentes-nas-redes-sociais-mas-plataformas-de-aprendizagem-a-distancia-sao-pouco-adotadas/>. Acesso em 17 de maio de 2022.

COLL, C. Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. **Boletín de la Institución Libre de Enseñanza**, v. 72, p. 17-40, 2008.

COSTA JUNIOR, Edio da et al. Um estudo estatístico sobre o aproveitamento em Física de alunos de ensino médio e seus desempenhos em outras disciplinas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, 2017.

CRUZ, Cristiano Cordeiro. A teoria cognitivista de Ausubel. **Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação– Unicamp**. Disponível em: http://www.robertexto.com/archivo3/a_teorias_ausubel.htm, 2011.

DA FONSECA, João José Saraiva. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002.

DE OLIVEIRA, Cláudio. TIC'S na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. **Pedagogia em Ação**, v. 7, n. 1, 2015.

DELIZOICOV; D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2003. 184p.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

DRIVER, Rosalind. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 3-15, 1986.

FARIA, Wilson. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. Ática, 1989.

FELICETTI, Suelen Aparecida et al. Aprendizagem Significativa e Ensino de Ciências Naturais: um levantamento bibliográfico dos anos de 2000 a 2013. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* – V5(2), pp. 01-12, 2015.

FERNANDEZ, O. et al. Laboratório virtual aplicado à Educação a Distância. **Internet: <http://sim.lme.usp.br/~nathalia/publication/sbie00.pdf>**, 2002.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

GAMA, Aline Costalonga. **O ensino de física na EJA: uma proposta com foco na utilização de atividades experimentais demonstrativas-um exemplo no estudo da hidrostática**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

GIL, A. C. Metodologia de Ensino Superior. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

GUILLERMO, Oscar Eduardo Patrón. **Uso de laboratórios virtuais de aprendizagem em mecânica dos fluidos e hidráulica na engenharia**. 2016. Tese (Doutorado em Informática na Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

HADDISH, Imran; RIZWAN-Uddin. Next Generation E-Education: Fully-Interactive Virtual Labs for Training and Education. **Transactions**, v. 107, n. 1, p. 171-173, 2012.

HERPICH, Fabrício. Recursos educacionais em realidade aumentada para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial em física. 2019. 207 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2019.

HEVNER, Alan; CHATTERJEE, Samir. Design science research in information systems. In: **Design research in information systems**. Springer, Boston, MA, 2010. p. 9-22.

HODSON, Derek. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOFFMANN, Jairo Luiz. O panorama de uso da experimentação no Ensino da Física em municípios da região Oeste do Paraná: uma análise dos desafios e das possibilidades. 2017. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

INE, **IV Censo 2017**. Disponível em: <<http://www.ine.gov.mz/iv-censo-2017>>. Acesso em 18 de maio de 2022.

INEP/MEC. Censo Escolar Brasileiro 2018. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/dados-do-censo-escolar--noventa-e-cinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-mas-apenas-44-tem-laboratorio-de-ciencias>>. Acesso em: 19 de set. de 2021

ISO/IEC. **ISO/IEC 25010 - Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE) – System and software quality models**. 2011.

JUSTINO, Márcio José de Castro et al. Implementação de um laboratório virtual de física clássica utilizando o software de animação flash. **IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO AO EM CIÊNCIAS**, 2003.

KIEFER, Neci Iolanda Schwanz; PILATTI, Luiz Alberto. Roteiro para a elaboração de uma aula significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, 2014.

KOLB, David A. Experience as the source of learning and development. **Upper Sadle River: Prentice Hall**, 1984.

LEFFA, Vilson J. Uma ferramenta de autoria para o professor: o que é e o que faz. **Letras de Hoje**, v. 41, n. 144, p. 189-214, 2006.

LEITE, Bruno. Aprendizagem tecnológica ativa. *Revista Internacional de Educação Superior*, v. 4, n. 3, p. 580-609, 2018.

LOBIONDO-WOOD, G.; HABER, J. *Nursing Research: Methods and Critical Appraisal for Evidence-Based Practice*, 8e. Appraisal and Utilization. 5. Edition. **St. Louis: Mosby**, 2002.

MANNS, Tom, COLEMAN, Michael. *Software quality assurance*. London: Macmillan Education, 1988.

MARIETTO, Maria das Graças Bruno et al. Teoria da Aprendizagem Experiencial de Kolb e o Ciclo de Belhot guiando o uso de simulações computacionais no processo ensino aprendizagem. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2014. p. 527.

MARQUES, Evaldo Cunha. As dificuldades na aprendizagem da física no primeiro ano do ensino médio da Escola Estadual de ensino fundamental e médio Osvaldo Cruz. **Monografia, UVA, Sobral, CE**, 2011.

MARTINES, Regis Dos Santos et al. O uso das TICs como recurso pedagógico em sala de aula. **CIET: EnPED**, 2018.

MAYER, R. *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press, 2001.

MAYER, R. Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia. **Ensino online e aprendizagem multimídia**, p. 207-237, Lisboa: Relógio d'Água Editores, 2009.

MAYER, Richard E. based principles for the design of instructional messages: The case of multimedia explanations. **Document design**, v. 1, n. 1, p. 7-19, 1999.

MAYER, Richard E. et al. A personalization effect in multimedia learning: Students learn better when words are in conversational style rather than formal style. **Journal of educational psychology**, v. 96, n. 2, p. 389, 2004.

MAYER, Richard; MAYER, Richard E. (Ed.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge university press, 2005.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, CF de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MORAES, José Uibson Pereira. A visão dos alunos sobre o ensino de física: um estudo de caso. **Scientia Plena**, v. 5, n. 11, 2009.

MORAES, Ronny Machado de. A Aprendizagem significativa de conteúdos de biologia no ensino médio, mediante o uso de organizadores pré-testevios e mapas conceituais. **Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande**, 2005.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A., MASINI E.F.S., **Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel**, 4ª Edição. São Paulo: Editor Centauro, 2011.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. 1ª edição. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99**, 2000.

MOREIRA, Marco Antonio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning). **Aprendizagem significativa, organizadores pré-testevios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas**, p. 41, 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? 2010. 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? *Curriculum*, n. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOROZOV, Mikhail et al. Virtual chemistry laboratory for school education. In: **IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2004. Proceedings**. IEEE, 2004. p. 605-608.

MUZIME, Fernando Andre; ZIMBICO, Octavio Jose. Covid-19 e a educação em Moçambique: entraves, desafios e possibilidades de reinvenção da educação. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação-Periódico científico editado pela ANPAE**, v. 37, n. 3, 2021.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSK, A. Remote Laboratories Versus Virtual and Real Laboratories. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. CO T3E-8. November 5-8, 2003, Boulder.

NOGUEZ, Julieta; SUCAR, Luis Enrique. A probabilistic relational student model for virtual laboratories. In: **Sixth Mexican International Conference on Computer Science (ENC'05)**. IEEE, 2005. p. 2-9.

NOVAK, Joseph D. Aprender. criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceituais TM como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. **Lisboa: Plátano edições técnicas**, 1998.

OLIVEIRA, Ângelo Mozart Medeiros de. Fundamentos metodológicos para a medida de carga cognitiva e do conhecimento pré-testevio num contexto de ensino de cinemática com o auxílio de uma hipermídia. 2016. 166 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016.

OLIVEIRA, J. P. M.; LIMA, J. V.; WIVES, L. K.; PERNAS, A. M.; GASPARINI, I.; FERNÁNDEZ, A.; DÍAZ, A. Adaptatividade Geocultural em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. **RIED**, vol. 17, n° 1, p. 83-109, 2014.

OLIVEIRA, Luciano Dernardin de; MORS, Paulo Machado. Mecânica dos Fluidos: Uma Abordagem Histórica. **Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física**, v. 10, 2009.

OLIVEIRA, R. Informática educativa: Dos planos e discursos à sala de aula. 15. Ed. Campinas (SP): Papirus, 1997. 176 p. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

OSTERMANN, Fernanda e CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Teorias da Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PASQUALI, Luiz; PRIMI, Ricardo. Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI. **Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment**, v. 2, n. 2, p. 99-110, 2003.

PASSERO, Guilherme; ENGSTER, Nélia Elaine Wahlbrink; DAZZI, Rudimar Luís Scaranto. Uma revisão sobre o uso das TICs na educação da Geração Z. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

PINHEIRO, Terezinha de Fatima et al. Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1a. serie do 2o. grau e a ciência dos cientistas: uma discussão. 1996.

PINHO ALVES, J. F. Atividades experimentais: do método a prática construtivista. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 312. 2000.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PRESSMAN, Roger S. Software engineering: a practitioner's approach. New York: Macgraw-Hill, 1987.

QUEIROZ, G. R. P. C.; BARBOSA-LIMA, M. DA C. A. Conhecimento Científico, seu Ensino e Aprendizagem: atualidade do construtivismo. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 273–291, 2007.

QUEIROZ, Luciano Rodrigues de et al. Um laboratório virtual de robótica e visão computacional. 1998.

RAMOS, David et al. Trilhas de aprendizagem em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem: Uma revisão sistemática da literatura. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2015. p. 338.

RAY, Sandipan et al. Virtual labs in proteomics: new E-learning tools. **Journal of Proteomics**, Amsterdam, v. 75, n.9, p. 2515-2525, May 2012.

ROBERTS, T. J. The virtual machines laboratory. **Australasian Journal of Engineering Education**, 2004.

ROCHA, F. Imagem e palavra: a produção literária para crianças em livros das autoras/ilustradoras Ângela Lago e Eva Furnari. **Monografia (Curso de graduação em Pedagogia), da Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG**, 2008.

SANCRISTÓBAL, E. et al. Virtual laboratories: features, architecture and challenges to integrate with open learning management systems. In: **8th International Symposium on Computers in Education: proceedings: october 24-26th, León, Spain**. Universidad de León, 2006. p. 289-295.

SANTOS, José Carlos dos; DICKMAN, Adriana Gomes. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, 2019.

SILVA, André Coelho da. RESENHA DO LIVRO: Aprendizagem Multimídia. 2017.

SILVA, Claudio Gomes da. A Importância do Uso das TICS Na Educação. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 08, Vol. 16, pp. 49-59, Agosto de 2018.

SIMON, H. A. The sciences of the artificial. (1st/3rd eds.). **Cambridge, MA: MIT Press. Star, SL, & Ruhleder, K.(1996). Steps toward an ecology of infrastructure: Design and access for large information spaces. Information Systems Research**, v. 7, n. 1, p. 111134, 1969.

SIMON, Martin A. et al. Explicating a mechanism for conceptual learning: Elaborating the construct of reflective abstraction. **Journal for research in mathematics education**, p. 305-329, 2004.

SIMON, Martin A. Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. **Journal for research in mathematics education**, p. 114-145, 1995.

SOKOLOFF, D. R. Active learning of introductory optics: Strategies for the us and the developing world. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Suppl. I*, n. 16, p. 16–22, 2012.

SOKOLOFF, David R.; THORNTON, Ronald K.; LAWS, Priscilla W. **RealTime Physics: Active Learning Laboratories, Module 1: Mechanics**, The Physics Suite, United States of America: John Wiley and Sons, 2004.

STAHL, Marimar M. Avaliação da qualidade de software educacional: relatório técnico do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. Rio de Janeiro: UFRJ, COPPE, 1988.

TAFNER, E. P.; TOMELIN, J. F.; MÜLLER, R. B. Trilhas de aprendizagem: uma nova concepção nos ambientes virtuais de aprendizagem–AVA. In: **Congresso Internacional de Educação a Distância**. 2012.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Revista on line Ciência & Cognição**, v.13, n.2, p.99-108, 2008.

TAVARES, R., **Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem**, Revista Brasileira de Informática na Educação, v.18, n.2, 2010.

TIRONI, Cristiano Rodolfo et al. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Água de Lindóia**, 2013.

TOMIĆ, J. et al. A virtual laboratory for teaching frequency estimation techniques. In: **2012 15th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC)**. IEEE, 2012. p. DS3e. 1-1-DS3e. 1-6.

TRIVIÑOS, Augusto NS. A pesquisa qualitativa em educação. **São Paulo: Atlas**, 1987.

UNESCO. **Diretrizes de políticas da UNESCO para a aprendizagem móvel**. Paris 07 SP, France: 2014.

VAN JOOLINGEN, W.; ZACHARIA, Z. C. Developments in inquiry learning. In BALACHEFF, N. et al. (Eds.), **Technology-enhanced learning: A kaleidoscope view** (pp.21e37). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2009.

WAINER, Jacques et al. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. **Atualização em informática**, v. 1, p. 221-262, 2007.

ZUBIA, J., G et al. Empirical Analysis of the Use of the VISIR Remote Lab in Teaching Analog Electronics. **IEEE Transactions on Education**, v. 60, n. 2, p. 149-156, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO PARA MENORES DE IDADE

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PESQUISA: Explorando as potencialidades de um simulador para o processo ensino-aprendizagem do princípio fundamental da hidrostática em aulas de física

PESQUISADORES: José Valdeni de Lima, Manuel Joaquim Silva de Oliveira.

NATUREZA DA PESQUISA: Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois fará uso de metodologias e ferramentas computacionais.

PARTICIPANTES DA PESQUISA: Alunos da educação básica.

ENVOLVIMENTO NA PESQUISA: Ao participar deste estudo seu filho (a) – ou criança ou adolescente sob sua responsabilidade – participará e avaliará a metodologia na escola junto com outros alunos que aceitem participar da pesquisa. É previsto em torno de um mês a realização do experimento. Você tem a liberdade de se recusar a autorizar o jovem a participar; e o jovem tem a liberdade de desistir de participar em qualquer momento que decida sem qualquer prejuízo. No entanto, solicitamos sua colaboração para que possamos obter melhores resultados da pesquisa. Sempre que o Sr. (Sra) queira mais informações sobre este estudo podem entrar em contato diretamente com Manuel Joaquim Silva de Oliveira (jocasiloliveira79@gmail.com) e José Valdeni de Lima (valdeni@inf.ufrgs.br).

CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações coletadas nesta investigação são estritamente confidenciais. Acima de tudo interessam os dados coletivos e não aspectos particulares de cada jovem.

RISCOS E BENEFÍCIOS: A participação nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem e os procedimentos utilizados obedecem aos critérios da ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de saúde. O participante da pesquisa não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que futuramente os resultados deste estudo sejam usados em benefício de outros jovens.

PAGAMENTO: Não haverá nenhum tipo de despesa por participar deste estudo, bem como não receberá nenhum tipo de pagamento por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para que seu filho (a) – ou criança ou adolescente sob sua responsabilidade – participe desta pesquisa. Para tanto, preencha os itens que se seguem:

Este termo de consentimento livre e esclarecido é feito em duas vias, sendo que uma delas ficará em poder do pesquisador e outra com o sujeito participante da pesquisa.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, autorizo meu filho (a) – ou criança ou adolescente sob minha responsabilidade – a participar desta pesquisa.

Nome do adolescente

Nome do responsável

Assinatura do Adolescente

Assinatura do Responsável

Data: ___/___/2020

Pesquisador Responsável: _____

ANEXO 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO PARA MAIORES DE IDADE

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PESQUISA: Explorando as potencialidades de um simulador para o processo ensino-aprendizagem do princípio fundamental da hidrostática em aulas de física

PESQUISADORES: José Valdeni de Lima, Manuel Joaquim Silva de Oliveira.

NATUREZA DA PESQUISA: Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois fará uso de metodologias e ferramentas computacionais.

PARTICIPANTES DA PESQUISA: Alunos da educação básica.

ENVOLVIMENTO NA PESQUISA: Este estudo consistirá na participação e avaliação da metodologia que será aplicada em sala de aula, junto com outros alunos que aceitarem participar da pesquisa. É previsto em torno de um mês a realização do experimento. Você tem a liberdade de se recusar a participar em qualquer momento da pesquisa, sem qualquer prejuízo. No entanto, solicitamos sua colaboração para que possamos obter melhores resultados da pesquisa. Sempre que o Sr. (Sra) queira mais informações sobre este estudo podem entrar em contato diretamente com Manuel Joaquim Silva de Oliveira (jocasiloliveira79@gmail.com) e José Valdeni de Lima (valdeni@inf.ufrgs.br).

CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações coletadas nesta investigação são estritamente confidenciais. Acima de tudo interessam os dados coletivos e não aspectos particulares de cada jovem.

RISCOS E BENEFÍCIOS: A participação nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem e os procedimentos utilizados obedecem aos critérios da ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de saúde. O participante da pesquisa não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que futuramente os resultados deste estudo sejam usados em benefício de outros jovens.

PAGAMENTO: Não haverá nenhum tipo de despesa por participar deste estudo, bem como não receberá nenhum tipo de pagamento por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para que participe desta pesquisa. Para tanto, preencha os itens que se seguem:

Este termo de consentimento livre e esclarecido é feito em duas vias, sendo que uma delas ficará em poder do pesquisador e outra com o sujeito participante da pesquisa.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo os experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim, e que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso

Assinatura

Assinatura Pesquisador Responsável:

Data: ____/____/2020

ANEXO 3 – CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA



CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

Padre Joacir Della Giustina
Diretor do Colégio Murialdo – Porto Alegre

Solicitamos autorização institucional para realização do projeto de pesquisa intitulado EXPLORANDO AS POTENCIALIDADES DE UM SIMULADOR PARA O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA EM AULAS DE FÍSICA, a ser realizada no Colégio Murialdo, pelo aluno do Curso de Doutorado em Informática na Educação do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Prof. MSc Manuel Joaquim Silva de Oliveira, sob orientação do Prof. Dr. José Valdeni de Lima, Pesquisador Responsável do referido projeto.

A pesquisa tem os seguintes objetivos:

- 1) Investigar as potencialidades do uso do simulador da Lei de Stevin na contribuição do processo ensino-aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática.
- 2) Verificar os ganhos do processo ensino-aprendizagem, identificando se existe diferença significativa em termos de aprendizagem nos alunos que realizam somente aula teórica com os que realizaram a aula teórica e simulada.
- 3) Avaliar o engajamento dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem com o uso do simulador

Portanto, será necessário realizar experimentos em aulas de Física, com os alunos do segundo ano do Ensino Médio.


A pesquisa necessitará ter acesso aos dados a serem colhidos no setor acadêmico referente ao desempenho dos alunos.

Pedimos autorização para que os resultados da pesquisa sejam usados em futuras publicações em eventos e periódicos científicos, salvaguardando o sigilo dos nomes tanto da Instituição quanto dos alunos envolvidos na pesquisa.

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com as Resoluções nº 411/12 e a 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS), que trata da pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados serão utilizados somente para a realização deste estudo ou serão mantidos permanentemente em um banco de dados de pesquisa, com acesso restrito, para utilização em pesquisas futuras.

Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Instituição, agradecemos antecipadamente a atenção, ficando à disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários.

Porto Alegre, 06 de Novembro de 2019.



Prof. Dr. José Valdeni de Lima
Pesquisador Responsável pelo Projeto

Concordamos com a solicitação () Não concordamos com a solicitação



Padre Joacir Della Giustina
O Diretor do Colégio

ANEXO 4 – TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS**Termo de Compromisso de Utilização de Dados**

Eu, Manuel Joaquim Silva de Oliveira, aluno do Curso de Doutorado em Informática na Educação do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no âmbito do projeto de pesquisa intitulado “EXPLORANDO AS POTENCIALIDADES DE UM SIMULADOR PARA O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA EM AULAS DE FÍSICA”, que tem como pesquisador responsável o Prof. Dr. José Valdeni de Lima, com a utilização dos dados do Colégio Murialdo – Pôrto Alegre, a fim de obtenção dos objetivos previstos, comprometo-me a manter a confidencialidade dos dados coletados, bem como com a privacidade de seus conteúdos.

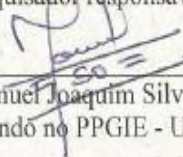
Declaro entender que é de minha responsabilidade cuidar da integridade das informações e garantir a confidencialidade dos dados e da privacidade dos indivíduos que terão suas informações acessadas. Também é de minha responsabilidade impedir o repasse dos dados coletados à pessoas não envolvidas com a equipe da pesquisa.

Por fim, comprometo-me com a guarda, cuidado e utilização das informações apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida.

Porto Alegre, 06 de outubro de 2019.





Prof. Dr. José Valdeni de Lima
Pesquisador responsável



Prof. MSc Manuel Joaquim Silva de Oliveira
Doutorando no PPGIE - UFRGS

ANEXO 3 – CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

Departamento de Física – Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane - Maputo

Solicitamos autorização institucional para realização do projeto de pesquisa intitulado **EXPLORANDO SIMULAÇÕES E LABORATÓRIOS VIRTUAIS HIPERMÍDIA COMO RECURSOS DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA**, a ser realizada na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane, pelo aluno do Curso de Doutorado em Informática na Educação, Prof. MSc. Mameel Joaquim Silva de Oliveira, sob orientação do Prof. Dr. José Valdeci de Lima, Pesquisador Responsável do referido projeto.

A pesquisa apresenta os seguintes objetivos:

- i. Investigar as potencialidades do uso do simulador da Lei de Stevin na contribuição do processo ensino-aprendizagem do Princípio Fundamental da Hidrostática.
- ii. Verificar os ganhos do processo ensino-aprendizagem, identificando se existe diferença significativa em termos de aprendizagem nos alunos que realizam somente aula teórica e os que realizaram a aula teórica e simulada.
- iii. Constatar se os alunos estão engajados num processo de aprendizagem significativa durante o processo de ensino-aprendizagem com o uso do simulador.

Portanto, será necessário realizar experimentos em aulas de Física, com os alunos do primeiro ano.

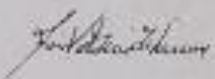
A pesquisa necessitará ter acesso aos dados a serem colhidos no setor acadêmico referente ao desempenho dos alunos.

Pedimos autorização para que os resultados da pesquisa sejam usados em futuras publicações em eventos e periódicos científicos, salvaguardando o sigilo dos nomes tanto da Instituição, quanto dos alunos envolvidos na pesquisa.

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com as Resoluções nº 411/12 e a 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS), que trata da pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados serão utilizados somente para a realização deste estudo ou serão mantidos permanentemente em um banco de dados de pesquisa, com acesso restrito, para utilização em pesquisas futuras.

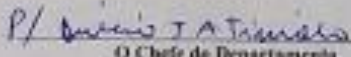
Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Instituição, agradecemos antecipadamente a atenção, ficando à disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários.

Porto Alegre, 01 de Julho de 2021.



Prof. Dr. José Valdeci de Lima
Pesquisador Responsável pelo Projeto

Concordamos com a solicitação Não concordamos com a solicitação



O Chefe de Departamento
Faculdade de Ciências

APÊNDICES

APÊNDICE 1

PROGRAMA DA UNIDADE: ESTÁTICA DOS FLUÍDOS

INTRODUÇÃO

Na presente unidade vamos tratar da Estática dos Fluídos que é uma área da Física que estuda o equilíbrio dos corpos nos estados sólido e líquido.

Numa visão mais ampla a área em análise pode ser chamada de **Hidroestática** que é a parte da Física que estuda os fluídos (tanto líquidos como os gasosos) em repouso, ou seja, que não estejam em escoamento (movimento). Além do estudo dos fluídos propriamente ditos, serão estudadas as Forças de que esses fluídos exercem sobre corpos neles imersos, seja em imersão parcial, como no caso de objetos flutuantes, como os totalmente submersos.

A Unidade é composta por oito lições, nomeadamente:

- i) *Densidade de uma substância;*
- ii) *Pressão exercida por sólidos, líquidos e gases;*
- iii) *Pressão hidrostática e Pressão atmosférica (Experiência de Torricelli);*
- iv) *Equação Fundamental da Hidrostática;*
- v) *Princípio de Pascal; líquidos imiscíveis em vasos comunicantes;*
- vi) *Aparelhos hidráulicos. A Prensa hidráulica, a Bomba hidráulica e os Manómetros de pressão;*
- vii) *Princípio de Arquimedes e Força de impulsão ou empuxo e*
- viii) *Condições de flutuação dos corpos.*

OBJETIVOS DA UNIDADE

Ao fim desta unidade temática o aluno deverá ser capaz de:

- a) *Explicar o significado da densidade de uma substância,*
- b) *Interpretar o conceito de pressão,*
- c) *Explicar a relação de proporcionalidade entre a pressão, a Força exercida e a superfície de apoio,*
- d) *Explicar os fatores de que depende a pressão hidrostática e atmosférica,*
- e) *Distinguir a pressão hidrostática da pressão atmosférica,*
- f) *Relacionar as diferentes unidades de pressão,*
- g) *Aplicar a equação fundamental da hidrostática na resolução de exercícios associados a situações concretas,*
- h) *Interpretar o Princípio de Pascal,*
- i) *Explicar o funcionamento de uma prensa hidráulica,*
- j) *Enunciar o Princípio de Arquimedes e,*
- k) *Explicar o princípio de flutuabilidade dos corpos.*

RESULTADOS DA APRENDIZAGEM

Com este módulo, o aluno:

- a) *Explica o significado de densidade de uma substância;*
- b) *Estima a densidade de diferentes substâncias;*
- c) *Relaciona pressão com Força normal sobre uma dada superfície;*
- d) *Distingue pressão hidrostática de pressão atmosférica;*
- e) *Relaciona pressão e diferença de nível;*
- f) *Interpreta o princípio de Pascal relacionando a situações concretas da técnica;*
- g) *Determina a Força de impulsão ou empuxo;*
- h) *Descreve as condições de flutuação dos corpos;*
- i) *Realiza experiências e elabora relatórios descrevendo materiais, procedimentos e conclusões;*
- j) *Discute com colegas os resultados das experiências realizadas respeitando as opiniões e críticas feitas ao seu trabalho.*

DURAÇÃO DA UNIDADE

Para o estudo desta Unidade Temática você vai precisar de 15 a 18 horas.

MATERIAIS COMPLEMENTARES

Caro aluno para melhor compreensão da Unidade Temática vai precisar de:

- a) *Material básico: esferográfica, lápis, borracha, caderno, calculadora, régua.*
- b) *Material de experimentação que será indicado em cada lição.*

APÊNDICE 2

LIÇÃO Nº 1: DENSIDADE DE UMA SUBSTÂNCIA**INTRODUÇÃO**

Na disciplina de Geografia, aprendemos que a densidade populacional é o número de habitantes por quilometro quadrado (km^2). Por exemplo, se no seu bairro a densidade populacional é de 10 habitantes por quilómetro quadrado, isto significa que neste bairro em cada km^2 vivem 10 habitantes. Com isso a densidade que iremos estudar em Física não se difere deste que representa quantidade de alguma coisa que ocupa um determinado espaço.

OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- ✓ *Definir densidade de uma substância;*
- ✓ *Explicar o significado da densidade de uma substância;*
- ✓ *Aplicar a expressão da densidade na resolução de exercícios concretos*

Densidade de uma substância

Pelo conceito de densidade que estudamos na disciplina de Geografia, percebemos que densidade significa que é uma quantidade que pode ser da população que nos referimos na introdução ou pode ser de quantidade de massa, dividida pela região que esta ocupa (área ou volume, por exemplo).

UM POUCO DE HISTÓRIA

Por volta do séc. III a.C. um dos raros físicos dessa época, chamado Arquimedes, aplicou o conceito de densidade para resolver um problema que lhe tinha sido posto pelo rei Hierão II de Siracusa. Na altura o rei Hierão II, encomendara uma coroa a um ourives, para tal entregou-lhe uma determinada quantidade de ouro. Quando a coroa lhe foi entregue, recebeu ter sido roubado uma quantidade de ouro usada para fabricar a coroa. Para tirar a sua dúvida, o rei solicitou a Arquimedes a resolução do problema. Arquimedes tinha de saber com exatidão se toda quantidade de ouro que o rei entregou teria sido ou não usada no fabrico na coroa. Depois de tantas tentativas sem solução, certo dia Arquimedes se deitou no banho, na selha, verificou que a água transbordava. Deste fenómeno ele interpretou que o volume ocupado pelo seu corpo fazia transbordar da selha um volume equivalente de água. Isto porque a água e o seu corpo não poderiam ocupar o mesmo espaço dentro da selha devido à impenetrabilidade dos corpos que certamente estudaste como propriedade geral da matéria.

Percebeu então que se mergulhasse a coroa na água e medisse o volume de água que transbordaria, obteria o volume da coroa e, logo, a sua massa. Ao comparar esta massa com a massa do ouro que o rei havia entregado ao ourives, saberia se o rei teria sido roubado ou não. Ao perceber que tinha encontrado a solução para o seu problema, Arquimedes saltou da selha onde tomava banho e saiu para a rua completamente nua gritando “*Eureka! Eureka!*”. Em português significa “Descobri! Descobri”.



Para melhor compreensão da história anterior assista o vídeo do link a seguir:

<https://www.youtube.com/watch?v=wyGhTgZyTLI>

Com esta descoberta, Arquimedes estabeleceu o seu princípio para as Forças de impulsão e aplicou ainda os conceitos de densidade e densidade relativa de uma substância, conforme iremos ver a seguir. **Em Física define-se Densidade de uma substância como sendo a razão entre a massa e volume ocupado por uma substância.**

$$\text{Isto é: } d = \frac{m}{V} \text{ ou } \rho = \frac{m}{V}$$

Onde: m é a massa da substância em kg.

V é o volume da substância em m^3

d é a densidade da substância cuja unidade no S.I. é (kg/m^3) . Mas no sistema C.G.S. (centímetro, grama e segundo) a sua unidade é grama por centímetro cúbico (g/cm^3) .

A relação entre g/cm^3 e kg/m^3 é a seguinte:

$$1 \frac{g}{m^3} = \frac{10^{-3}Kg}{10^{-6}m^3} = 10^{-3}Kg/m^3$$

Como a densidade de uma substância depende da temperatura e da pressão às quais está sujeita, então, se aumentarmos a pressão a densidade aumentará, mas se aumentarmos a temperatura a densidade diminuirá. Se mantivermos constante essa temperatura e aumentarmos a massa da substância apenas o seu volume aumentará, mas a densidade permanecerá constante. Existem aparelhos, chamados densímetros, que permitem determinar a densidade de uma substância líquida, bastando para tal mergulhar o aparelho na amostra.

Na tabela seguinte encontram-se os valores das densidades de algumas substâncias sólidas e líquidas à temperatura ambiente e à pressão atmosférica e os de alguns gases à temperatura de $0^\circ C$ e a pressão normal.

Densidade de substâncias comuns (25°C, 1 atm)

Substância	Estado	Densidade, $g \cdot cm^{-3}$	Densidade, $g \cdot L^{-1}$
Madeira balsa	Sólido	0,12	$1,2 \times 10^2$
Cera de abelha	Sólido	0,96	$9,6 \times 10^2$
Cloro	Gás	$2,90 \times 10^{-3}$	2,90
Diamante	Sólido	3,5	$3,5 \times 10^3$
Madeira de Ébano	Sólido	1,2	$1,2 \times 10^3$
Álcool Etílico	Líquido	0,789	$7,89 \times 10^2$
Ouro	Sólido	19,3	$19,3 \times 10^3$
Chumbo	Sólido	11,3	$11,3 \times 10^3$
Mercúrio	Líquido	13,6	$13,6 \times 10^3$
Leite	Líquido	1,03	$1,03 \times 10^3$
Nitrogênio	Gás	$1,31 \times 10^{-3}$	1,31
Prata	Sólido	10,5	$10,5 \times 10^3$
Água	Líquido	0,997	$9,97 \times 10^2$
Zinco	Sólido	7,1	$7,1 \times 10^3$



Assista ao vídeo do link a seguir para melhor compreensão da nossa aula de hoje. <https://www.youtube.com/watch?v=IALKZpUVZ98>

ATIVIDADES DA LIÇÃO

1. O que entende por densidade de uma substância?
2. Qual é a unidade no Sistema Internacional (S.I.) de densidade de uma substância?
3. Qual é a unidade no sistema centímetro, grama e segundo (CGS) de densidade de uma substância?

4. Que relação existe entre a unidade de densidade no S.I. e no sistema CGS?
5. Sabendo que cada 50g da gasolina contida no tanque de uma mota, ocupa um volume de 10cm^3 . Determina a densidade dessa gasolina em Kg/m^3 .
6. Determine a massa do mercúrio usado nos termómetros líquidos sabendo que a sua densidade é de $1000\text{Kg}/\text{m}^3$ e ocupa um espaço de $0,4\text{m}^3$.
7. Qual deve ser o volume de uma substância, cuja massa é de 40kg e a densidade é de $0,4\text{Kg}/\text{m}^3$.

CHAVE-DE-CORRECÇÃO

1. **Resposta:** Densidade de uma substância é a razão entre a massa e volume ocupado por uma substância.
2. **Resposta:** A unidade de densidade no S.I. é quilograma por metro cúbico (kg/m^3).
3. **Resposta:** A unidade de densidade no sistema CGS é grama por centímetro cúbico (g/cm^3).
4. **Resposta:** A relação existente entre a unidade no sistema CGS e no S.I. é que $1\text{g}/\text{cm}^3 = 1000\text{kg}/\text{m}^3$.

5.

<u>Dados</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Resolução</u>
$m = 50\text{g}$	$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho = \frac{50\text{g}}{10\text{cm}^3}$
$V = 10\text{cm}^3$		$\rho = 5\text{g}/\text{cm}^3$
$\rho = ?$		

$$m = 50\text{g}$$

$$V = 10\text{cm}^3$$

$$\rho = ?$$

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

$$\rho = \frac{50\text{g}}{10\text{cm}^3}$$

$$\rho = 5\text{g}/\text{cm}^3$$

Como: $1\text{g}/\text{cm}^3 = 1000\text{kg}/\text{m}^3$, então: $\rho_{(\text{kg}/\text{m}^3)} = 5 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3 = 5000\text{kg}/\text{m}^3$

Ou

- | <u>Dados</u> | <u>Fórmula</u> | <u>Resolução</u> |
|--|----------------------|---|
| $m = 50\text{g} = 0,05\text{kg}$ | $\rho = \frac{m}{V}$ | $\rho = \frac{0,05\text{kg}}{0,0001\text{m}^3} = \frac{5 \times 10^{-1}\text{kg}}{10^{-3}\text{m}^3}$ |
| $V = 10\text{cm}^3 = 0,0001\text{m}^3$ | | $\rho = 5 \times 10^{-1} \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ |
| $\rho = ?$ | | $\rho = 500\text{kg}/\text{m}^3$ |

$$m = 50\text{g} = 0,05\text{kg}$$

$$V = 10\text{cm}^3 = 0,0001\text{m}^3$$

$$\rho = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rho = \frac{0,05\text{kg}}{0,0001\text{m}^3} = \frac{5 \times 10^{-1}\text{kg}}{10^{-3}\text{m}^3}$$

$$\rho = 5 \times 10^{-1} \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$$

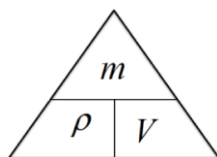
$$\rho = 500\text{kg}/\text{m}^3$$

Resposta: A densidade da gasolina será de $500\text{kg}/\text{m}^3$.

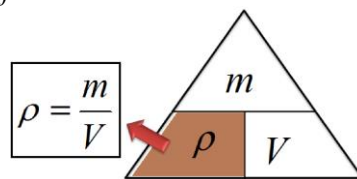
Para resolver os exercícios 6 e 7 vamos tirar os dados e com base nos conhecimentos das relações de proporção aprendidos na matemática vamos modificar a fórmula principal para a desejada.

ou

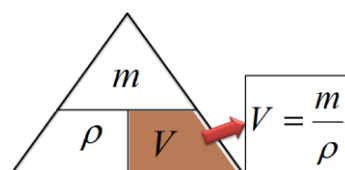
Para facilitar a dedução da fórmula, podes usar o triângulo a seguir: Bastando para tal fechar a grandeza que desejares calcular com os dedos, no triângulo ao lado, para obter as fórmulas a seguir:



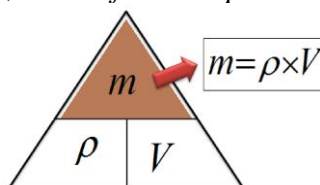
- Para determinar a fórmula principal para calculamos a densidade da substância, vamos fechar a parte onde temos a grandeza densidade, símbolo (ρ) e o que visualizamos será a nossa fórmula.



- Para calcular o Volume, vamos fechar a parte onde temos a grandeza **Volume (V)** e obtemos a fórmula a seguir:



- Para calcular a massa, vamos fechar a parte onde temos a grandeza **massa (m)**.



6. Dados

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 0,4 \text{ m}^3$$

$$m = ?$$

Fórmula

$$m = \rho V$$

Resolução

$$m = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m}^3$$

$$m = 400 \text{ kg}$$

Resposta: A massa do mercúrio usado nos termômetros líquidos é de 400kg.

7. Dados

$$\rho = 0,4 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 40 \text{ kg}$$

$$V = ?$$

Fórmula

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

Resolução

$$V = \frac{40 \text{ kg}}{0,4 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 100 \text{ m}^3$$

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Assinale com **X** a alternativa correta para os exercícios 1 a 6.

1. A estática dos fluídos é um:

- ___ ramo da Física que estuda as condições de equilíbrio dos corpos.
- ___ ramo da física que estuda a densidade dos corpos.
- ___ ramo da Física que estuda as condições de equilíbrio dos corpos líquidos e gasosos.

2. Um fluído é:

- ___ um corpo que tem volume variável
- ___ um corpo que pode mudar de forma sob ação de uma Força.
- ___ um corpo que pode escoar e mudar de forma sob ação de uma Força.

d) Nenhuma das respostas anteriores está correta.

3. Densidade de uma substância é:

a) ___ o número de habitantes por unidade de superfície

b) ___ a quantidade de massa de uma determinada substância dividida pelo volume por si ocupado

c) ___ a razão entre a massa de um corpo pelo seu peso.

d) ___ nenhuma das respostas anteriores está correta.

4. A densidade também é chamada de:

a) ___ massa específica b) ___ volume específico. c) ___ peso específico. d) ___ nenhuma das respostas anteriores está correta.

5. A unidade de densidade no Sistema Internacional de Unidade (S.I.) é:

a) ___ g/cm³ b) ___ g/m³ c) ___ kg/m³ d) ___ kg/cm³.

6. A densidade de certo material depende:

a) ___ da temperatura b) ___ da pressão c) ___ da pressão e temperatura d) ___ do volume e) ___ da massa.

7. Colocando dois ou mais líquidos de densidades diferentes num mesmo recipiente, eles se separam, sendo que o de maior densidade fica mais para baixo.

Sabendo que para uma massa de 83 litros (equivalente a 83 kg) de óleo de soja, o volume correspondente é de 0,0954m³. Qual é a densidade desse óleo? Se colocarmos o óleo em um recipiente e de seguida colocarmos a água a temperatura ambiente ($d=1000 \text{ kg/ m}^3$) no mesmo recipiente, qual deles ficará em cima?

Verifique experimentalmente: Coloque uma pequena quantidade óleo e depois de água no mesmo recipiente (transparente) e verifique qual deles estará em baixo.

APÊNDICE 3

LIÇÃO Nº 2: PRESSÃO EXERCIDA POR SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASES

INTRODUÇÃO

Depois de falarmos da grandeza física densidade da substância, vamos falar de uma nova grandeza física denominada Pressão. Será que esta pressão que aqui se pretende dar é a mesma que nos damos aos nossos pais quando exigimos que nos comprem, por exemplo, um sapato novo?

Claro que não é a mesma, na natureza, há forças que se exercem entre corpos cujas superfícies estão em contato entre si, a que nos damos o nome de forças de contato. Portanto se essas forças se exercem perpendicularmente à superfície de contato entre os corpos, são forças de pressão e transmitem-se uniformemente a toda a superfície. Com isso os efeitos sobre as superfícies em que atuam podem ser medidas pela grandeza física **pressão**.

OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- a) *Definir pressão,*
- b) *Interpretar o conceito de pressão,*
- c) *Aplicar a expressão matemática da pressão na resolução de exercícios concretos e,*
- d) *Relacionar as diferentes unidades de pressão.*

Pressão exercida por sólidos, líquidos e gases e suas unidades

Nesta lição vamos falar sobre a Pressão. Para tal vamos observar a experiência que abaixo se descreve.

Experiência de Demonstração:

Material

- a) *Dois pregos.*
- b) *Um pedaço de madeira;*
- c) *Um martelo.*

Procedimentos

1º Passo: Vamos colocar o prego sobre o pedaço de madeira como é ilustrado na figura 1, e com o martelo vamos bater a outra extremidade.

2º Passo: De seguida vamos inverter a posição do prego, colocando-o sobre o pedaço de madeira como é ilustrado na figura 2.



Figura-1

Figura-2

O que observaste?**Em qual das posições o prego penetra facilmente no pedaço de madeira?**

Resposta: Esperamos que tenhas observado que o prego colocado na posição indicada na figura 1, penetra facilmente sobre a madeira, enquanto que o prego colocado sobre a madeira como é ilustrado na figura 2, não penetra na madeira.

Porque é que tal acontece?

Notamos que quando colocávamos na primeira posição o prego penetrava facilmente porque a extremidade colocada sobre a madeira tem menor área (ponta aguçada ou “fina” e na segunda posição era difícil porque a extremidade colocada sobre a madeira tem maior área (ponta “grossa”). Dado que, quanto maior for a área da superfície menor será a pressão exercida.

Isto porque a **Pressão (p)** é a grandeza dada pela razão de uma força aplicada perpendicularmente sobre uma superfície e a área da superfície. Isto é:

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

Onde: *F* - é a Força em (N); *A* - é a área da superfície em (m²); *p* - é a pressão.

A unidade da Pressão no S.I. é **Pascal (Pa)** que deriva de (N/m²) em homenagem ao francês **Blaise Pascal**. **Pela fórmula acima podemos concluir que:** A pressão é inversamente proporcional à área e diretamente proporcional à Força. Ou seja, quanto maior for a Força aplicada sobre o corpo maior será a pressão e quanto maior for a área de contato menor e a pressão.

Unidades de pressão: Pascal, atmosfera, bar, cmHg, mmHg, e sua relação

As outras unidades de pressão podem ser:

- a) 1atmosfera (**atm**) = 1.013 x 10⁵Pa
- b) 1mm de Mercúrio (**Hg**) = 133.3Pa (Lê-se 1 milímetro de Mercúrio)
- c) 1bar = 10⁵Pa

Múltiplos de pascal:

- a) 1kPa (Lê-se kilo – Pascal) = 10³Pa
- b) 1Mpa (Lê-se Mega – Pascal) = 10⁶Pa

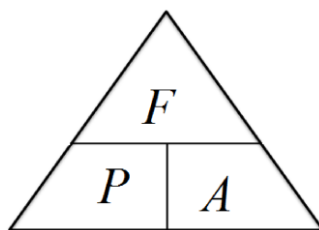
Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista os vídeos dos links a seguir:



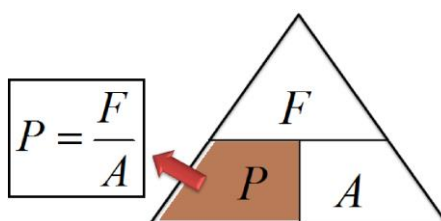
<https://www.youtube.com/watch?v=ENoRaCJvaZw>

<https://www.youtube.com/watch?v=tC7PjUgrx1w>

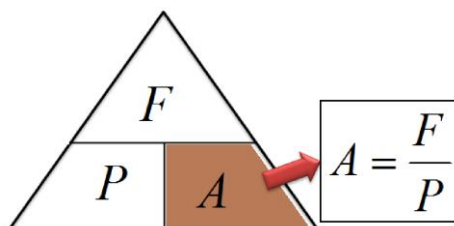
Para facilitar a dedução da fórmula, podemos usar o triângulo abaixo, bastando para tal fechar com os dedos (parte pintada nos triângulos que se seguem) a grandeza que desejares calcular, no triângulo, para obter as fórmulas a seguir:



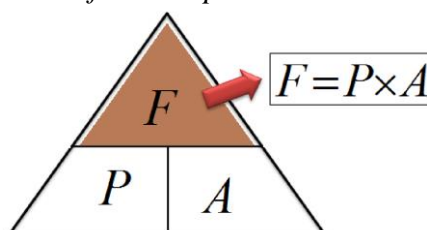
- 1 Para determinar a fórmula principal onde calculamos a Pressão, vamos fechar a parte onde temos a grandeza (P) e o que visualizamos será a nossa fórmula.



- 2 Para calcular Área, vamos fechar a parte onde temos a grandeza A e obtemos a fórmula a seguir:



- 3 Para calcular a Força, vamos fechar a parte onde temos a grandeza F.



ATIVIDADES DA LIÇÃO

1. Defina Pressão.
2. Qual é a unidade de pressão no Sistema Internacional S.I.?
3. Calcula a pressão exercida sobre uma superfície de 4m², quando é aplicada uma Força de 12N.

1. **Resposta:** Pressão é a grandeza dada pela razão de uma força aplicada perpendicularmente sobre uma superfície e a área da superfície.

2. **Resposta:** A unidade da Pressão no S.I. é **Pascal (Pa)**.

3. Calcula a pressão exercida sobre uma superfície de 4m², quando é aplicada uma Força de 12N.

CHAVE-DE-CORREÇÃO

<u>3.Dados</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Resolução</u>
$F = 12N$ $A = 4m^2$ $P = ?$	$P = \frac{F}{A}$	$P = \frac{12N}{4m^2}$ $P = 3Pa$

4. Converta para o sistema internacional de unidades as seguintes pressões:

a) 3,2atm b) 500N/cm² c) 0,8N/cm² d) 2,6bar e) 3,4mmHg f) 5kPa g) 3,3MPa

4. Resolução:

$$\begin{array}{ll}
 1atm \longrightarrow 1,013 \cdot 10^5 Pa & 1m^2 \longrightarrow 10^4 cm^2 \\
 3,2atm \longrightarrow x & \\
 \text{a) } x = \frac{3,2atm \cdot 1,013 \cdot 10^5 Pa}{1atm} & \text{b) } 500 \frac{N}{cm^2} = 500 \frac{N}{10^{-4} m^2} = \\
 x = 3,24Pa & = 500 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2} = 5 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 & 1bar \longrightarrow 10^5 Pa \\
 \text{c) } 0,8 \frac{N}{cm^2} = 0,8 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2} & \text{d) } 2,6bar \longrightarrow x \\
 & x = 2,6 \cdot 10^5 Pa
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 1mmHg \longrightarrow 133,3Pa & 1kPa \longrightarrow 10^3 Pa & 1MPa \longrightarrow 10^6 Pa \\
 \text{e) } 3,4mmHg \longrightarrow x & \text{f) } 5kPa \longrightarrow x & \text{g) } 3,3MPa \longrightarrow x \\
 x = 3,4 \cdot 133,3Pa = 453,22Pa & x = 5 \cdot 10^3 Pa & x = 3,3 \cdot 10^6 Pa
 \end{array}$$

Com base nos cálculos acima, podemos concluir que para qualquer que seja a conversão, bastará para tal multiplicar o valor dado pelo seu correspondente. Por exemplo, se $P=2atm$, então, como $1atm = 1,013 \cdot 10^5 Pa$, logo $P = 2 \cdot 1,013 \cdot 10^5 Pa \rightarrow P = 2,026 \cdot 10^5 Pa$.

5. Uma Força de 0,96 N exerce uma pressão de 2 N/m² sobre uma determinada superfície. Qual é a área dessa superfície?

Dados Fórmula Resolução

$$F = 0,96N$$

$$P = 2N/m^2$$

$$A = ?$$

$$A = \frac{F}{P} \quad A = \frac{0,96N}{2 \cdot \frac{N}{m^2}} \Rightarrow A = 0,48m^2$$

Resposta: A área da superfície é de 0,48m².

6. Qual deve ser a Força a aplicar sobre uma área de 2m², de modo a resultar numa pressão de 4 Pa?

<u>Dados</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Resolução</u>
$P = 4Pa$	$F = P \times A$	$F = 4Pa \times 2m^2$
$A = 2m^2$		$F = 8N$
$F = ?$		

Resposta: A Força a aplicar será de 8N.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

- Uma força de 200 N é aplicada sobre uma área de 0,05 m². A pressão exercida sobre essa área é igual a:
 - 10 Pa
 - 2.10³ Pa
 - 4.10³ Pa
 - 200 Pa
 - 0,05 Pa
- É desejado produzir uma grande pressão sobre uma placa metálica para que ela possa ser perfurada por um prego. Dessa forma, podemos:
 - diminuir a densidade do prego
 - aumentar a área de contato do prego com a placa metálica
 - diminuir a área de contato do prego com a placa metálica
 - diminuir a força aplicada sobre o prego
 - aumentar o volume do prego
- Uma caixa de 500 N tem faces retangulares e suas arestas medem 1,0 m, 2,0 m e 3,0 m. Qual a pressão que a caixa exerce quando apoiada com sua face menor sobre uma superfície horizontal?

(A) 100 N/m² (B) 125 N/m² (C) 167 N/m² (D) 250 N/m² (E) 500 N/m²

APÊNDICE 4

LIÇÃO Nº 3: PRESSÃO HIDROSTÁTICA E PRESSÃO ATMOSFÉRICA (EXPERIÊNCIA DE TORRICELLI)

INTRODUÇÃO

Caro estudante, imagine o que podemos sentir quando entramos na água em uma lagoa, rio ou mesmo uma piscina, por exemplo, sentiremos a pressão da água sobre nós e, quanto mais funda mergulharmos, maior será essa pressão. Caso o líquido seja mais denso que a água, a pressão será ainda maior. A força da gravidade influencia na pressão exercida pelo líquido, também chamada de pressão hidrostática. Na Terra, todos os corpos estão envoltos em ar e, como todos os fluídos, ele causa uma pressão nos corpos imersos nele.

Para além da Pressão Atmosférica e Hidrostática que poderemos tratar nesta lição também iremos falar sobre o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) que realizou uma experiência para determinar a pressão atmosférica ao nível do mar.

OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

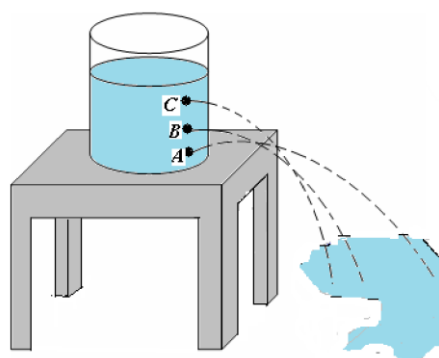
- Definir a pressão hidrostática e atmosférica;
- Explicar os fatores de que depende a pressão hidrostática e atmosférica e;
- Distinguir a pressão hidrostática da pressão atmosférica.

PRESSÃO HIDROSTÁTICA E PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Hidrostática– é um ramo da física que estuda as condições de equilíbrio de um fluído em repouso.

Experiência de Demonstração:

Coloque uma garrafa ou um recipiente de PET (garrafa plástica), por cima da mesa, e introduza água; Em seguida, com ajuda de uma agulha fure o recipiente e verifique o fenómeno. Posto isto, fecha o furo e observe o fenómeno. Depois fura mais 3 partes em alturas diferentes como ilustra a figura abaixo:



O que você observou?

Espera-se que com esta experiência você chegue as **seguintes conclusões**:

A experiência leva-nos a crer que um líquido exerce pressão sobre as paredes do recipiente que o contém.

a) O líquido exerce pressão sobre as paredes do recipiente que o contém atuando perpendicularmente as superfícies dessas paredes;

b) Todos os pontos de um líquido em repouso que se encontram no mesmo plano horizontal sofrem pressões iguais;

c) A pressão exercida por um líquido num ponto desse mesmo líquido depende da profundidade a que esse ponto se encontra.

Pressão Hidrostática

Pressão Hidrostática é a pressão que os líquidos exercem sobre os corpos neles mergulhados e sobre as paredes dos recipientes neles contidos.

Como se pode calcular a pressão que esse líquido exerce sobre as

Sabe-se que a pressão é dada por: $P = \frac{F}{A}$. Esta Força porque actua para baixo (Peso) é dada

por: $F = m \cdot g$; Substituído na pressão $P = \frac{F}{A}$, teremos: $P = \frac{m \cdot g}{A}$ E vimos que da densidade

do líquido a massa é dada por: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$ Com isso teremos: $P = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A}$

Como vemos, o líquido varia a sua forma conforme o recipiente e para o nosso caso temos o recipiente em forma de um cilindro, então vamos encontrar a fórmula do volume do cilindro, que é:

$V = A \cdot h$. Substituindo na fórmula $P = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A}$, temos: $P = \rho \cdot A \cdot h \cdot g / A \Rightarrow \boxed{P = \rho \cdot h \cdot g}$

Pressão Atmosférica

Define-se **Pressão atmosférica** como sendo a pressão que a atmosfera exerce sobre todos os corpos e a superfície da terra. Como vimos na experiência quando abríamos a garrafa, o ar exercia pressão sobre a água (**Pressão hidrostática**) e esta por sua vez exercia pressão sobre o recipiente (**pressão atmosférica**). Com isso podemos determinar a **pressão numa certa profundidade** do líquido que é dada pelo somatório da **pressão atmosférica** pela **pressão hidrostática**.

$$P = P_{am} + P_{hid} \Rightarrow P = P_{am} + \rho \cdot g \cdot h$$

Onde: P - é a pressão exercida pela coluna do líquido no seu interior; P_{atm} é a pressão atmosférica; ρ - é a densidade do líquido; g - é a aceleração de gravidade e h - é a altura da coluna do líquido.

Assista aos vídeos dos links a seguir para melhor compreensão da nossa aula de hoje.



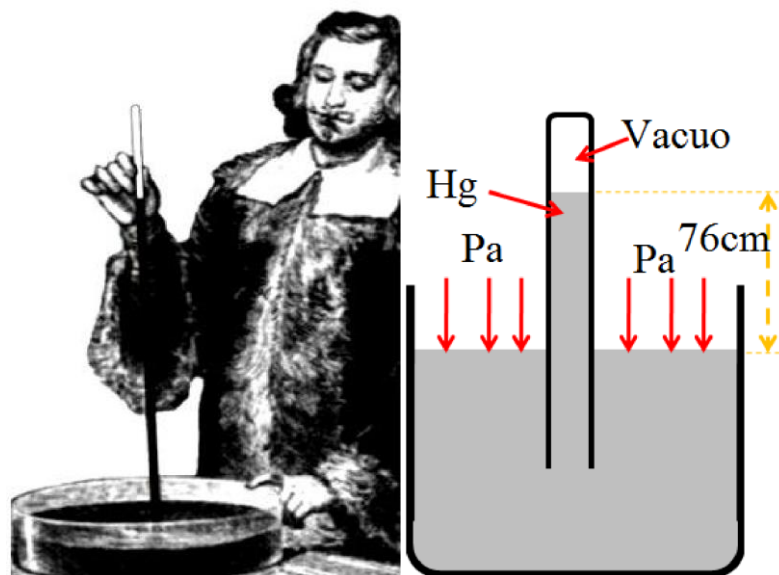
https://www.youtube.com/watch?v=vD3M_308ckU

<https://www.youtube.com/watch?v=fv9XsAm-rvA>

Experiência de Torricelli

Para efetuar a sua medição, Torricelli fechou uma das extremidades de um tubo de vidro, com cerca de 1m de comprimento enchendo-o completamente com mercúrio (Hg). Em seguida, tapou a extremidade aberta e invertendo o tubo, mergulhou-o recipiente com mercúrio. Quando destapou o tubo, verificou que a coluna de mercúrio descia estacionando a sua altura de 76cm acima do nível de mercúrio no recipiente como mostra a figura ao lado. É notável que na parte superior do tubo há ausência de ar (vácuo). Deste modo nenhuma pressão é exercida sobre a coluna do mercúrio. Torricelli concluiu que a pressão atmosférica (P_{atm} ou P_a), que atua na superfície do líquido no recipiente equilibra o Hg no tubo, ou seja, equivale à pressão exercida por coluna de Hg de 76cm de altura.

Logo: $P_{atm} = 76\text{cmHg} = 760\text{mmHg} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$



O aparelho usado por Torricelli para a medição da pressão chama-se **Barómetro**. Os meteorologistas usam esses aparelhos para a previsão do tempo. Pois se notarem que numa região a pressão será baixa significa que poderá fazer mau tempo.

Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista o vídeo do link a seguir



<https://www.youtube.com/watch?v=639RgoEmuMg>

ATIVIDADES DA LIÇÃO

1. Defina:
 - a) Pressão hidrostática.
 - b) Pressão atmosférica.
2. Como se chama o instrumento usado por Torricelli na sua experiência?
3. Qual é a função do aparelho usado por Torricelli na sua experiência?
4. A que altura se elevara a água pela tubulação de um edifício, se um barómetro situado na planta baixa indicar uma pressão de 292.000 Pa, sendo $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ $g=81,9\text{m/s}^2$
5. Uma lata de 150 cm de altura está cheia de óleo. Sabendo que a densidade do óleo é de 920 kg/m^3 , calcule a sua pressão no fundo da lata sendo dada a pressão atmosférica $Patm=1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ e aceleração de gravidade $g=9,8\text{m/s}^2$

CHAVE-DE-CORREÇÃO

1. **a) Resposta: Pressão Hidrostática** é a pressão que os líquidos exercem sobre os corpos neles mergulhados e sobre as paredes dos recipientes neles contidos.
b) Resposta: Pressão atmosférica é a pressão que a atmosfera exerce sobre todos os corpos e a superfície da terra.
2. **Resposta: O instrumento usado por Torricelli chama-se Barómetro.**
3. **Resposta: O barómetro serve para medir a pressão atmosférica de um determinado lugar de modo a prever o estado de tempo desse local.**

4. Dados Fórmula Resolução

$$P = 294000 \text{ Pa}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad P = \rho \cdot h \cdot g \quad h = \frac{294000 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad h = \frac{P}{\rho \cdot g} \quad h = 30 \text{ m}$$

$$h = ?$$

5. Dados Formula**Resolução**

$$h = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m} \quad P = P_{\text{atm}} + \rho \cdot h \cdot g$$

$$\rho = 920 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P = ?$$

$$P = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 920 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P = 1,013 \cdot 100000 \text{ Pa} + 13524 \text{ Pa}$$

$$P = 101300 \text{ Pa} + 13524 \text{ Pa}$$

$$P = 114824 \text{ Pa} = 1,14824 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

1. Calcule a pressão no fundo duma piscina com 4 metros de profundidade em Pa (pascal) e atm. Efetuado o cálculo, marque a alternativa CORRETA:
a) 140 atm b) 4,1 atm c) 14,1 atm d) 1,4 atm e) 4 atm
2. Um submarino se encontra a uma profundidade de 100 metros. Calcule a pressão em atm exercida sobre o mesmo. Para a água do mar adote que a densidade vale 1000 kg/m^3 .
a) 10 atm b) 11 atm c) 12 atm d) 13 atm e) 14 atm
3. Se o experimento de Torricelli tivesse sido feito com água em vez de mercúrio, qual seria a altura da coluna de água correspondente a 1 atmosfera? São dados: densidade da água = $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; densidade do mercúrio = $13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.
a) 8,32 m b) 9,04 m c) 10,01 m d) 10,34 m e) 11,23 m

APÊNDICE 5

LIÇÃO Nº 4: EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA

INTRODUÇÃO

Nesta lição poderemos aprender como escrever a Equação Fundamental da Hidrostática, que está relacionada com dois pontos situados a alturas diferentes. E ainda saberemos enunciar o princípio que rege esta equação, o que chamamos de Princípio Fundamental da Hidrostática.

OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- *Enunciar o princípio fundamental da hidrostática.*
- *Usar a equação fundamental da hidrostática a resolver problemas cotidianos*

EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA

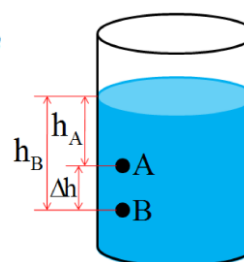
Considere dois pontos A e B, no seio de um líquido em repouso, como mostra a figura a baixo. Sejam h_A e h_B as profundidades a que se encontram esses pontos. É possível calcular a pressão para cada um desses pontos distintos, o que significa que entre os dois pontos em questão há uma diferença de pressão.

Desta maneira, a diferença de pressões entre os dois pontos a alturas diferentes num líquido será dada por:

$$\Delta P = P_B - P_A \Rightarrow \text{Onde: } P_A = \rho \cdot g h_A \text{ e } P_B = \rho \cdot g h_B$$

$$\Delta P = \rho \cdot g h_B - \rho \cdot g h_A \Rightarrow P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

$$\Rightarrow \Delta P = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A) \Rightarrow \boxed{\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h}$$



Esta última equação é denominada de **Equação Fundamental da Hidrostática**.

A Equação Fundamental da Hidrostática baseia-se no Princípio Fundamental da Hidrostática também conhecido por **Princípio de Stevin** que diz:

A pressão exercida por um líquido é independente da forma do recipiente que o contém; depende unicamente da altura.

Onde: P_A e P_B são respectivamente as pressões nos pontos A e B e ΔP é a diferença de pressão entre os dois pontos; ρ é a densidade do líquido; g é a aceleração de gravidade, e h_A e h_B são, respectivamente, as alturas dos pontos A e B e Δh é a diferença entre as alturas A e B.

- c) ____ a densidade, altura e o volume.
- d) ____ a densidade, a aceleração de gravidade e a altura.
3. Um oceanógrafo construiu um aparelho para medir profundidades no mar. Sabe-se que o aparelho suporta uma pressão de até $2,3 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Qual a máxima profundidade que o aparelho pode medir? Dados: Pressão atmosférica $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; Massa específica da água do mar: $1,0 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$; Aceleração da gravidade local: 10 m/s^2 .
4. No fundo do mar, próximo aos pontos mais profundos já visitados por humanos, a pressão é esmagadora $P = 1,10 \cdot 10^8 \text{ Pa}$. A que profundidade essa pressão “P” é sentida? Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a densidade da água $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

APÊNDICE 6

AULA Nº 5: PRINCÍPIO DE PASCAL; LÍQUIDOS IMISCÍVEIS EM VASOS COMUNICANTES

INTRODUÇÃO

No nosso dia-a-dia temos nos deparado com situações em que há mistura de dois ou mais líquidos no mesmo recipiente, sejam eles de densidades iguais ou diferentes. Mas nesta lição somente iremos estudar a mistura de líquidos com densidades diferentes onde iremos perceber qual a sua exposição dentro de um recipiente. Os reservatórios de água instalados numa cidade ou numa residência funcionam como um sistema de vasos comunicantes, eis o motivo da pertinência em estudarmos este tema.

OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- Definir líquidos imiscíveis em vasos comunicantes;
- Enunciar o princípio de Pascal
- Interpretar o Princípio de Pascal

LÍQUIDOS IMISCÍVEIS EM VASOS COMUNICANTES

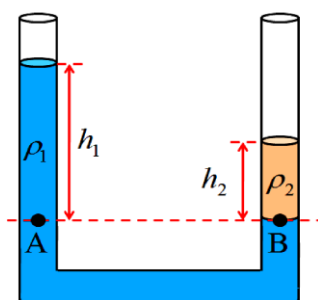
Imagine aquelas situações em que juntamos óleo e água no mesmo recipiente.

Entre os dois líquidos qual deles estará depositado no fundo do recipiente e por quê?

Se você respondeu que é a água, porque tem maior densidade que o óleo, então está de parabéns! Se não, não se aborreça, pois já ficou sabendo!

Vamos agora definir alguns conceitos tais como: líquidos imiscíveis e vasos comunicantes.

Líquidos Imiscíveis (ou não imiscíveis) são líquidos que não se misturam. As suas densidades são diferentes. É o caso da água e do óleo.



Sistema de vasos comunicantes é a união de dois ou mais vasos, na sua parte inferior através de um tubo, como mostra a figura, garantindo assim a sua comunicação por meio de um líquido. Neste vaso comunicante, foram postos dois líquidos imiscíveis (água e óleo, por exemplo) e eles distribuíram-se de tal forma que as alturas das colunas sejam inversamente proporcionais às respectivas densidades. Partindo de princípio de que o sistema está em equilíbrio e por ação da gravidade, podemos igual as pressões nos pontos **A** e **B**.

Então:

$$P_A = P_B \text{ e como } P_A = P_{\text{atm}} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 \text{ e } P_B = P_{\text{atm}} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

Teremos:

$$P_{\text{atm}} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = P_{\text{atm}} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

Sistema de vasos comunicantes é a união de dois ou mais vasos, na sua parte inferior através de um tubo, como mostra a figura, garantindo assim a sua comunicação por meio de um líquido. Neste vaso comunicante, foram postos dois líquidos imiscíveis (água e óleo, por exemplo) e eles distribuíram-se de tal forma que as alturas das colunas sejam inversamente proporcionais às respectivas densidades. Partindo de princípio de que o sistema está em equilíbrio e por ação da gravidade, podemos igual às pressões nos pontos **A** e **B**.

$$h_1 \times \rho_1 = h_2 \times \rho_2 \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Com esta expressão podemos concluir que: se colocados dois ou mais líquidos imiscíveis num recipiente (exemplo água e óleo), o líquido mais denso irá depositar-se no fundo do recipiente neste caso a água, (por ser o mais denso) e o menos denso neste caso o óleo, fica na superfície.

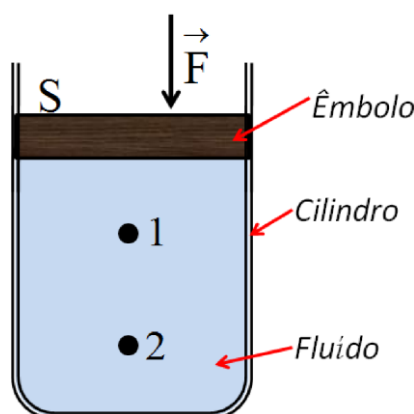
PRINCÍPIO DE PASCAL

Blaise Pascal era um físico e matemático francês que realizou estudos importantes sobre os fluídos, clarificando os conceitos de pressão e vácuo.



De entre os vários estudos por ele realizados usou um aparelho constituído por um cilindro, onde está contido um fluido, munido de êmbolo móvel de área S , como mostra a figura ao lado.

Observe a figura seguinte: Exercendo uma Força F no êmbolo, vamos provocar aumento da pressão no ponto 1 (ΔP_1), enquanto a pressão no ponto 2 sofrerá um aumento de (ΔP_2), tal que (ΔP_1)=(ΔP_2).



. Este resultado foi estabelecido em 1653, por Pascal, e foi conhecido como **Princípio de Pascal** que tem o seguinte enunciado:

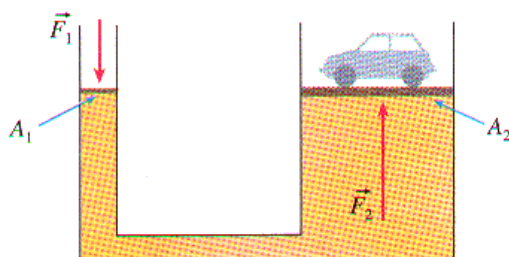
“Qualquer variação de pressão ΔP , exercida sobre um líquido, transmite-se integralmente a todos os seus pontos e as paredes do recipiente que o contém”.

Este princípio pode ser deduzido com base na equação fundamental da hidrostática. Portanto é aplicável a fluidos incompressíveis, que não mudam de volume quando sofrem ação de uma Força de pressão, ou seja, há líquido cuja densidade permanece constante. Por este motivo este princípio de Pascal é aplicado, por exemplo, em elevadores hidráulicos dos postos de gasolina e ao sistema de freios e amortecedores.

Bomba e Prensa Hidráulicas

São aparelhos constituídos por dois cilindros de diâmetros diferentes, munidos de dois êmbolos e contendo um fluido (óleo) e estão ligados entre si através de um tubo como mostra a figura ao lado.

De acordo com o Princípio de Pascal, se aplicamos uma Força F_1 na área S_1 surge uma pressão ΔP_1 que é igual em todos os pontos do líquido e sobre a superfície da parede inclusive a do segundo êmbolo ΔP_2 , isto é, $\Delta P_1 = \Delta P_2$.



Já sabemos que $P = \frac{F}{A}$, então, $\Delta P_1 = \frac{F_1}{A_1}$ e $\Delta P_2 = \frac{F_2}{A_2}$ partindo da igualdade $\Delta P_1 = \Delta P_2$, e substituindo as ΔP_1 e ΔP_2 na expressão anterior obtemos: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista os vídeos dos links a seguir:



https://www.youtube.com/watch?v=vZLUzu6_xmc

<https://www.youtube.com/watch?v=-8zLdgZwM8U>

<https://www.youtube.com/watch?v=S2fAQDdY270>

ATIVIDADES DA LIÇÃO

- Defina:
 - Líquidos imiscíveis;
 - Sistema de vasos comunicantes.
- Considerando a figura anterior, qual seria o valor de h_2 sabendo que $\rho_2 = 0,75 \frac{g}{cm^3}$, $\rho_1 = 1,3 \frac{g}{cm^3}$ e $h_1 = 10 \text{ cm}$
- Enuncie o princípio de Pascal.
- Quais são as aplicações do Princípio de Pascal?
- As secções retas dos êmbolos de uma prensa Hidráulica são $A_1 = 1200\text{m}$ e $A_2 = 30\text{m}$. Se aplicarmos ao êmbolo maior uma Força F , qual será a Força resultante sobre o outro?

CHAVE-DE-CORREÇÃO

- Resposta:** Líquidos Imiscíveis são aqueles que não se misturam devido a diferença nas suas densidades.
 - Resposta:** Sistema de vasos comunicantes é a união de dois ou mais vasos, na sua parte inferior através de um tubo.
-

<u>Dados</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Resolução</u>
$\rho_1 = 1,3 \text{ g/cm}^3$	$h_1 \times \rho_1 = h_2 \times \rho_2$	$h_2 = \frac{10 \text{ cm} \times 1,3 \text{ g/cm}^3}{0,75 \text{ g/cm}^3}$
$\rho_2 = 0,75 \text{ g/cm}^3$	$\Rightarrow h_2 = \frac{h_1 \times \rho_1}{\rho_2}$	$h_2 = \frac{13 \text{ cm}}{0,75} \Rightarrow h_2 = 17,3 \text{ cm}$
$h_1 = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$		
$h_2 = ?$		

R: a altura atingida pelo primeiro líquido é de 17,3 cm

4. **Resposta:** O princípio de Pascal diz: Qualquer variação de pressão, exercida sobre um líquido, transmite-se integralmente a todos os seus pontos e as paredes do recipiente que o contém.

4. **Resposta:** O princípio de Pascal é aplicado em elevadores hidráulicos dos postos de gasolina e ao sistema de freios e amortecedores.

<u>Dados</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Resolução</u>
$S_1 = 1200 \text{ m}^2$	$\frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1}$	$F_2 = \frac{100 \text{ N} \times 40 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2}$
$S_2 = 30 \text{ m}^2$	$F_2 = \frac{F_1 \times S_2}{S_1}$	$F_2 = \frac{4000 \text{ N}}{200} \Rightarrow F_2 = 20 \text{ N}$
$F_1 = 100 \text{ N}$		
$F_2 = ?$		

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

- Qual é intensidade mínima da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor para conseguir elevar o automóvel num elevador hidráulico de um posto de gasolina que é acionado por um pequeno êmbolo de área igual a $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. O automóvel a ser elevado tem peso de $1 \times 10^4 \text{ N}$ e está sobre o êmbolo maior, de área $0,16 \text{ m}^2$.
- Numa prensa hidráulica composta por dois cilindros de áreas A_1 e A_2 é colocado um objeto de 40 kg foi colocado sobre a maior área. Determine a força mínima necessária que deve ser aplicada sobre a menor área para que o objeto seja levantado. A área A_2 é o quántuplo da área A_1 ($A_2 = 5 \times A_1$) Dado: Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Lembre-se: $F = m \times g$

APÊNDICE 7

LIÇÃO Nº 6: APARELHOS HIDRÁULICOS. A PRENSA HIDRÁULICA, A BOMBA HIDRÁULICA E OS MANÓMETROS DE PRESSÃO.

INTRODUÇÃO

Como nos referimos na lição anterior, o princípio de Pascal é aplicado em elevadores hidráulicos dos postos de gasolina e ao sistema de freios e amortecedores. Nesta lição iremos aprender como funcionam os diferentes tipos de aparelhos hidráulicos.

OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- *Explicar o funcionamento dos diferentes tipos de aparelhos hidráulicos;*
- *Explicar a condição de equilíbrio de uma prensa hidráulica na resolução de problemas do dia-a-dia.*

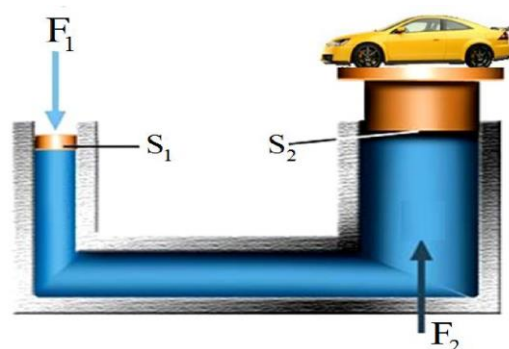
Aparelhos hidráulicos

Da mesma forma que na Estática dos Sólidos aprendemos alguns aparelhos que facilitam o trabalho do homem, também, nesta lição iremos nos debruçar sobre aparelhos que têm como objetivo facilitar o trabalho de homem.

Aparelhos hidráulicos são aqueles que para o seu funcionamento empregam as propriedades de um fluído. O funcionamento de qualquer que seja o aparelho hidráulico baseia-se no princípio de Pascal.

Bomba e Prensa Hidráulicas

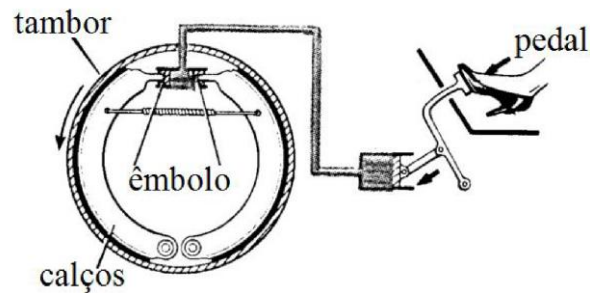
Como vimos na aula anterior, bomba e prensa hidráulica são aparelhos constituídos por dois cilindros de diâmetros diferentes, munidos de dois êmbolos e contendo um fluído (óleo) e estão ligados entre si através de um tubo como mostra a figura ao lado com a finalidade de multiplicar forças



Já sabemos que $P = \frac{F}{S}$, então, $\Delta P_1 = \frac{F_1}{S_1}$ e $\Delta P_2 = \frac{F_2}{S_2}$ partindo da igualdade $\Delta P_1 = \Delta P_2$, e substituindo as ΔP_1 e ΔP_2 na expressão anterior obtemos: $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$.

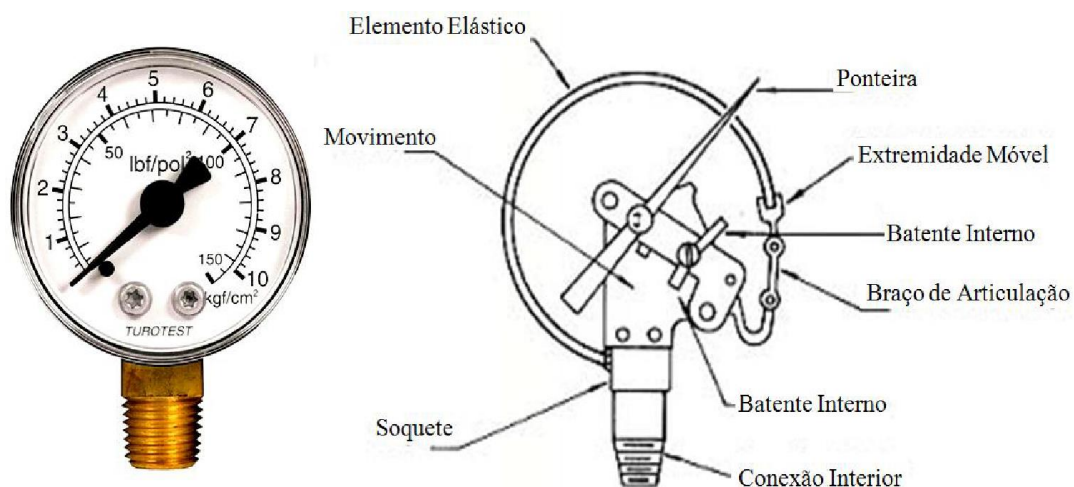
Freio Hidráulico

Freio Hidráulico é um tipo de mecanismo constituído por um pedal, um êmbolo, um tambor cujo interior contém o fluido e dois calços. O freio permite controlar o movimento de aceleração de um veículo ou de uma máquina, de modo a retardar ou parar seu movimento ou então impedir que o movimento seja reiniciado.



Manómetros de Pressão


O manómetro de pressão é o indicador responsável por medir e exibir através de um mostrador com ponteiro a pressão no interior de um recipiente ou sistema fechado, como: um sistema de ar comprimido, sistema hidráulico, entre outros. O manómetro de pressão é um indicador que não necessita de nenhum tipo de alimentação eléctrica, ou seja, não é necessário ser conectado a nenhum sistema eléctrico para funcionar. Eles são constituídos por um tubo de vidro de duas colunas, no qual se deita um líquido. Estes se encontram ligados a uma caixa redonda através de um tubo onde uma das faces da caixinha redonda encontra-se coberta de borracha, como mostra a figura a baixo.





Ao exercermos uma pressão sobre a membrana, o nível do líquido no ramo do manómetro ligado a caixinha diminuirá enquanto do outro lado aumentará. O manómetro de pressão pode ser utilizado em qualquer sistema ou recipiente que necessite ter a pressão monitorada ou controlada, como por exemplo, bombas e compressores, gases de solda, filtros de piscina, sistemas pneumáticos e outros.

Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista aos vídeos dos links a seguir:

Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista os vídeos dos links a seguir:


<https://www.youtube.com/watch?v=p1MylS7yql8>


<https://www.youtube.com/watch?v=Np0A-PueNpM>


<https://www.youtube.com/watch?v=BXpBRJu8pzs>

ATIVIDADES DA LIÇÃO

1. O que são aparelhos hidráulicos?
2. O que entendes por fluídos?
3. Quais são os tipos de aparelhos hidráulicos que conheces?
4. Defina prensa hidráulica.

CHAVE-DE-CORREÇÃO

1. **Resposta:** *Aparelhos Hidráulicos são aqueles que para o seu funcionamento requerem as propriedades dos fluídos.*
2. **Resposta:** *Fluídos são substâncias que têm a capacidade de escoar ou mudar de forma sob ação de pequenas Forças.*
3. **Resposta:** *Os tipos de aparelhos hidráulicos que conheço são: Bomba, Prensa e travão Hidráulico e manómetro de pressão.*
4. **Resposta:** *Prensa Hidráulica é um aparelho constituído por dois cilindros de diâmetros diferentes, munidos de dois êmbolos e contendo um fluído (ex: óleo) e estão ligados entre si através de um tubo.*

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Construa uma prensa hidráulica usando seringas com diâmetros diferentes. Depois de construir pressione cada uma das Seringas e compare as forças que você usou para o efeito. Faça uma foto ou um vídeo do experimento.

Produza um pequeno relatório de até no máximo uma página onde você descreve o material usado e princípio de funcionamento do seu dispositivo (prensa hidráulica).

APÊNDICE 8

LIÇÃO Nº 7: PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES E FORÇA DE IMPULSÃO OU EMPUXO

INTRODUÇÃO

Como nos referimos numa das lições anteriores, sobre o que conta a lenda do século III a.C., onde o físico e matemático Arquimedes teria solucionado o problema do rei, quando tomava o seu banho, em que explicou que sobre um corpo mergulhado num fluído, para além do peso, atua uma outra força, chamada força de impulsão. É sobre esta força que iremos estudar nesta lição.

OBJETIVOS DA AULA

No fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- *Enunciar o Princípio de Arquimedes*
- *Calcular a força de impulsão*

Princípio de Arquimedes e a Força de Impulsão ou Empuxo

Arquimedes (filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo) nasceu na cidade-estado grega Siracusa, na ilha da Sicília. Seu pai, Phidias, foi um astrônomo. Ele é conhecido por sua formulação de um princípio da hidrostática (conhecido como princípio de Arquimedes) e um dispositivo para elevar a água, ainda usado em países em desenvolvimento, conhecido como o Parafuso de Arquimedes.

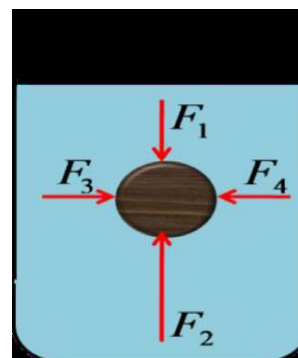


(287 a.C. – 212 a.C.)

Da mesma forma que o princípio de Pascal é consequência da Equação fundamental da Hidrostática, também o princípio de Arquimedes é consequência da Equação fundamental da Hidrostática.

Porque é que os barcos não afundam de tão pesados que são?

Arquimedes realizou estudos sobre as características da Força que um líquido exerce sobre um corpo mergulhado nele, parcial ou totalmente, como mostra a figura ao lado:



Observa-se pela figura que a intensidade das Forças F_3 e F_4 são iguais, logo a sua Força resultante (F_R) é nula (zero).

Exemplo: Se a $F_3 = 2\text{ N}$ e $F_4 = 2\text{ N}$, então: $F_R = F_3 - F_4 = 2\text{ N} - 2\text{ N} = 0$. Repare que estas forças têm a mesma direção, mas com sentidos contrários daí que fazemos a diferença entre elas. A $F_R = 0$ (Força resultante nula) significa que o corpo não tem aceleração, isto é, ele está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme (com velocidade constante). Para o nosso exemplo, se tratando de forças ao longo do eixo x (forças na horizontal), significa que o corpo está em repouso ao longo deste eixo.

Na vertical temos as Forças F_1 e F_2 , sendo elas diferentes como podemos observar na figura acima. O vetor F_2 (Seta vermelha de baixo para cima) é maior que o vetor F_1 (Seta vermelha de cima para baixo). Neste caso, a força resultante será vertical com sentido de baixo para cima. Essa Força é chamada **Força de Impulsão (FI) ou empuxo (E)**.

Exemplo: Se $F_1 = 2\text{ N}$ e $F_2 = 5\text{ N}$, então $F_R = F_2 - F_1 = 5\text{ N} - 3\text{ N} = 2\text{ N}$.

Este resultado significa que o corpo irá se deslocar de baixo para cima com uma força de 2 N

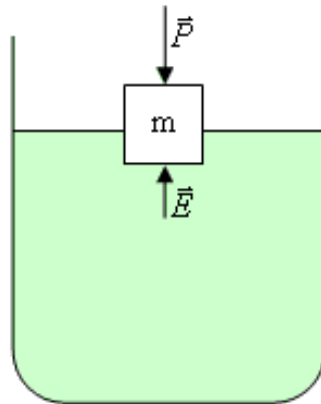
Força de Impulsão (FI) ou Empuxo (E) é a Força resultante das Forças verticais que um líquido exerce sobre um corpo nele mergulhado.

Desta forma chegou-se a uma conclusão que mais tarde foi chamada de **Princípio de Arquimedes** que diz:

"Todo o corpo mergulhado num líquido está sujeito a uma Força vertical (Força de Impulsão), sempre dirigida de baixo para cima, de intensidade igual ao peso do líquido deslocado".

Arquimedes descobriu que todo o corpo imerso em um fluido em equilíbrio, dentro de um campo gravitacional, fica sob a ação de uma força vertical, com sentido oposto à este

campo, aplicada pelo fluido, cuja intensidade é igual a intensidade do Peso do fluido que é ocupado pelo corpo.



Observando a figura anterior, verificamos que duas forças atuam na vertical com relação ao corpo: De cima para baixo temos o peso (P) e de baixo para cima o empuxo (E). em condições de equilíbrio do corpo temos que $\mathbf{P} = \mathbf{E}$, e como $P = m \times g$, então $E = m \times g$. Pela definição de densidade temos que $m = \rho \times V$. Substituindo m na equação $E = m \times g$, obtemos $E = \rho \times V_{liq} \times g$.

Onde: V_{liq} – Volume do líquido deslocado

Esta última equação permite calcular o empuxo. A sua unidade no Sistema Internacional também é em Newtons (N).

Você se lembra da pergunta:
porque é que os barcos não afundam de tão pesados que são?

Os barcos não afundam de tão pesados que são porque sobre os corpos mergulhados num líquido, para além do seu peso atua também a força de impulsão que para o caso do barco é maior que o seu peso.



Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista aos vídeos dos links a seguir:



<https://www.youtube.com/watch?v=HzyxvnA-yu4>

<https://www.youtube.com/watch?v=OExVkmujYlk&t=1159s>

ATIVIDADES DA LIÇÃO

1. Enuncie o princípio de Arquimedes.
2. Explique com base no princípio que anunciaste porque é que os barcos não afundam de tão pesados que são?
3. Calcula a intensidade da Força de impulsão que a água de 1000 kg/m^3 de densidade exerce sobre um corpo sabendo que o volume do líquido deslocado é de $0,002 \text{ m}^3$.

CHAVE-DE-CORREÇÃO

1. **Resposta:** *O princípio de Arquimedes diz que “todo o corpo mergulhado num líquido está sujeito a uma Força vertical, chamada Força de Impulsão, que é sempre dirigida de baixo para cima, de intensidade igual ao peso do líquido deslocado”.*
2. **Resposta:** *Os barcos não a fundão de tão pesados que são porque sobre eles atuam a Força de impulsão que é dirigida de baixo para cima e é maior do que o peso do barco.*

3. Dados	Fórmula	Resolução
$\rho = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	$E = \rho \times V_{\text{liq}} \times g$	$E = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,002\text{m}^3 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
$V_{\text{liq}} = 0,002\text{m}^3$		$E = 19,62 \text{ N}$
		$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

1. O empuxo é um fenômeno bastante familiar. Um exemplo é a facilidade relativa com que você pode se levantar de dentro de uma piscina em comparação com tentar se levantar de fora da água, ou seja, no ar.

De acordo com o princípio de Arquimedes, que define empuxo, marque a proposição correta:

- a) Quando um corpo flutua na água, o empuxo recebido pelo corpo é menor que o peso do corpo.
- b) O princípio de Arquimedes somente é válido para corpos mergulhados em líquidos e não pode ser aplicado para gases.
- c) Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido sofre uma força vertical para cima e igual em módulo ao peso do fluido deslocado.
- d) Se um corpo afunda na água com velocidade constante, o empuxo sobre ele é nulo.

- e) Dois objetos de mesmo volume, quando imersos em líquidos de densidades diferentes, sofrem empuxos iguais.
2. (UFSC-SC) A figura representa um navio flutuando em equilíbrio, submetido à ação apenas do seu próprio peso e do empuxo exercido pela água.



Considerando a situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S):

- a) Mesmo sendo construído com chapas de aço, a densidade média do navio é menor do que a densidade da água.
- b) O empuxo exercido sobre o navio é igual ao seu peso.
- c) Um volume de água igual ao volume submerso do navio tem o mesmo peso do navio.
- d) O empuxo exercido sobre o navio é maior do que o seu peso. Caso contrário, um pequeno acréscimo de carga provocaria o seu afundamento.
- e) Se um dano no navio permitir que água penetre no seu interior, enchendo-o, ele afundará totalmente, porque, cheio de água, sua densidade média será maior do que a densidade da água.
- f) Sendo o empuxo exercido sobre o navio igual ao seu peso, a densidade média do navio é igual à densidade da água.
3. Um bloco de massa de 60 kg e densidade de $3,0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ imerso em um líquido de densidade $d = 0,90 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ e preso por um fio ideal a um dinamômetro. Calcule a intensidade do empuxo exercido pelo líquido sobre o bloco.

APÊNDICE 9

LIÇÃO Nº 8: CONDIÇÕES DE FLUTUAÇÃO DOS CORPOS

INTRODUÇÃO

Até agora a explicação que temos é que os barcos não afundam devido à sua força de impulsão que é maior que o seu peso. Mas este fato ainda pode ser discutido porque se esta afirmação é totalmente verdadeira então o barco não estaria em equilíbrio, mas sim a voar como um balão. De referir que o fato de um corpo flutuar ou não, vai depender da resultante das forças que atuam no corpo. É esta condição de flutuação dos corpos nos líquidos que trazemos nesta lição para melhor compreensão.

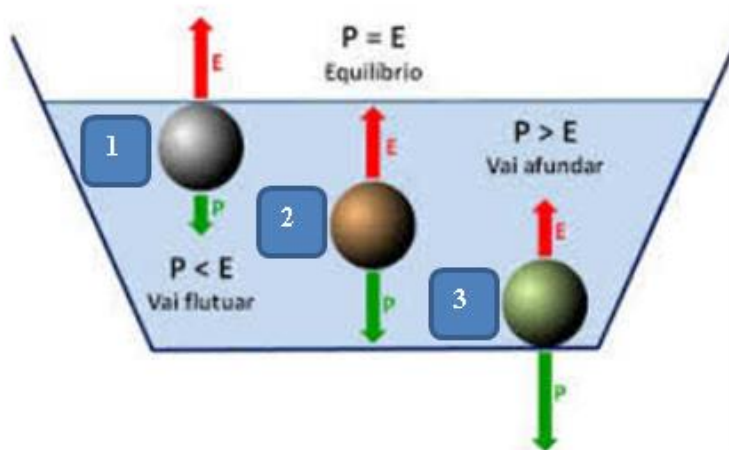
OBJETIVOS DA AULA

Ao fim desta lição o estimado estudante deverá ser capaz de:

- *Explicar as condições de flutuabilidade dos corpos.*

Condições de flutuação de corpos

Já é do nosso conhecimento que sobre todo o corpo mergulhado num líquido atuam forças verticais como mostra a figura a seguir:



Por este motivo podemos analisar as condições de flutuação do corpo:

1

Se $P < E$: O corpo irá subir até a superfície livre do líquido em que se encontra mergulhado, porque o peso é menor que a força de impulsão (empuxo).

Isso acontece porque a densidade do corpo mergulhado é menor que a densidade do líquido ($\rho_{\text{corpo}} < \rho_{\text{liquido}}$). Assim sendo a força resultante será: $F_R = E - P$.

2

Se $P = E$: O corpo irá permanecer em equilíbrio no meio do líquido onde for abandonado porque o seu peso é igual a força de impulsão (empuxo).

Isso acontece porque a densidade do corpo mergulhado é igual a densidade do líquido ($\rho_{\text{corpo}} = \rho_{\text{líquido}}$). Assim sendo a força resultante será nula, ou seja: $F_R = 0$.

3

Se: $P > E$: O corpo irá afundar até a superfície do recipiente porque tem maior peso que o empuxo.

Isso acontece porque a densidade do corpo mergulhado é maior que a densidade do líquido ($\rho_{\text{corpo}} > \rho_{\text{líquido}}$). Assim sendo a Força resultante será: $F_R = P - E$.

Quando temos a situação em que um corpo mergulhado dentro de um fluido está em equilíbrio, temos que o empuxo e a força peso são iguais.

Sabemos também que, sendo V_f o volume de fluido deslocado pelo corpo, a massa desse fluido deslocado pode ser calculada por: $m_f = \rho_f \times V_f$

A força peso é calculada através do produto da massa pela gravidade, e sendo o empuxo igual ao peso, teremos a seguinte equação: $E = m_f \times g = \rho_f \times V_f \times g$

Quando um objeto se encontra dentro da água, é possível verificar que se torna mais fácil erguê-lo do que quando o objeto está no ar.

Isso se deve ao fato de que um corpo dentro de um líquido tem um peso aparente que é menor do que o peso real quando está no ar. Essa diminuição aparente no peso do corpo deve-se justamente à ação do empuxo exercido pelo líquido: $E = P_{\text{ar}} - P_{\text{aparente}}$

Corpos flutuantes

Para um corpo flutuando em um líquido, temos as seguintes condições:

- O corpo encontra-se em equilíbrio: $E = P$.
- O volume de líquido que ele desloca é menor que o seu volume: $V_{\text{deslocado}} < V_{\text{corpo}}$
- Sua densidade é menor do que a massa específica do líquido: $\rho_{\text{corpo}} < \rho_{\text{líquido}}$
- O valor do peso aparente do corpo é nulo: $P_{\text{ap}} = P - E \rightarrow P_{\text{ap}} = 0$

Podemos encontrar a relação de volume imerso e o volume total de um corpo, que é dada

por: $E = P$

$$\rho_{\text{liq}} \times V_{\text{imerso}} \times g = \rho_{\text{corpo}} \times V_{\text{corpo}} \times g$$

$$\rho_{\text{liq}} \times V_{\text{imerso}} = \rho_{\text{corpo}} \times V_{\text{corpo}}$$

$$\frac{V_{\text{imerso}}}{V_{\text{corpo}}} = \frac{\rho_{\text{corpo}}}{\rho_{\text{liq}}}$$

Para melhor compreensão da nossa aula de hoje assista os vídeos dos links a seguir:



<https://www.youtube.com/watch?v=UP2OSn0ZDKg>

https://www.youtube.com/watch?v=wbL1_cAzJ88

ATIVIDADES DE LIÇÃO

1. Explique o que é que acontece a um corpo cujo peso é maior que a Força de impulsão, se for mergulhado num líquido? Justifique a resposta.
2. Porque é que certos corpos quando abandonados no meio do líquido, permanecem em equilíbrio nesse mesmo ponto?
3. Como poderíamos calcular o valor do peso aparente (força resultante), de um corpo que quando mergulhado em um líquido permanece na superfície livre desse líquido? Justifique a sua resposta.

CHAVE-DE-CORREÇÃO

1. **Resposta:** *Se um corpo possuir peso maior que a Força de impulsão irá afundar até a superfície do recipiente porque a sua densidade é maior que a densidade do líquido.*
2. **Resposta:** *Os corpos que quando abandonados no meio do líquido permanecem em equilíbrio no meio deste, porque o seu peso é igual a Força de impulsão.*
3. **Resposta:** *O corpo que quando mergulhado em um líquido permanece na superfície livre desse líquido, a força resultante será dada por: $F_R = E - P$. Isso acontece porque a força de impulsão é maior que o seu peso.*

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

1. A expressão “Isso é apenas a ponta de um *iceberg*” – muito usada conotativamente hoje em dia para mostrar que se vê apenas uma parte muito pequena de um problema, ficando o resto “escondido” – faz referência a uma situação física.

Assinale a alternativa cujos dados relacionam-se corretamente com essa situação:

- a) Poder das Pontas e a Rigidez Dielétrica.
- b) Arquimedes e o Teorema do Empuxo.
- c) Pascal e o Princípio da Prensa Hidráulica.
- d) Newton e o Princípio da Ação e Reação.
- e) A Lei de Stevin e a Diferença de Pressão.

2. O empuxo é um fenômeno bastante familiar. Um exemplo é a facilidade relativa com que você pode levantar-se de dentro de uma piscina em comparação com tentar levantar-se de fora da água, ou seja, no ar.

Sobre o princípio de Arquimedes, que define empuxo, marque a proposição correta:

- a) Quando um corpo flutua na água, o empuxo recebido pelo corpo é menor que o peso do corpo.
- b) O princípio de Arquimedes somente é válido para corpos mergulhados em líquidos e não pode ser aplicado para gases.
- c) Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido sofre uma força vertical para cima e igual em módulo ao peso do fluido deslocado.
- d) Se um corpo afunda na água com velocidade constante, o empuxo sobre ele é nulo.
- e) Dois objetos de mesmo volume, quando imersos em líquidos de densidades diferentes, sofrem empuxos iguais.

3. Quando tentamos levantar algum objeto colocado dentro da água, como em uma piscina, ele parece mais “leve”. Essa sensação surge em razão da força de empuxo que o fluido exerce sobre os corpos imersos em seu interior.

Com relação ao empuxo, assinale as alternativas corretas:

I – O empuxo exercido sobre um corpo depende de sua densidade;

II – Se a força de empuxo for menor que o peso do corpo, ele afundará;

III – A força de empuxo tem módulo igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo nele imerso;

IV – A força de empuxo aumenta gradativamente enquanto um corpo está sendo inserido dentro de um fluido.

São corretas:

- a) I e II b) II e III c) II, III e IV d) I e III e) I, II e III

4. Um *iceberg*, cuja densidade é de $0,92 \text{ g/cm}^3$, encontra-se em equilíbrio de flutuação em um lugar onde a densidade da água do mar é de $1,05 \text{ g/cm}^3$. Indique a porcentagem aproximada de volume do *iceberg* que permanece abaixo da superfície do mar.

- a) 50% b) 85% c) 80% d) 88 % e) 87%

APÊNDICE 10

RELATÓRIO DAS ATIVIDADES COM O SIMULADOR

Como utilizar a simulação:

O simulador¹⁶ é constituído por três níveis (1, 2 e 3), no canto inferior direito da figura 1 a) você pode visualizar primeiro nível. (Clique na seta indicada no ponto A (ilustrada na figura 1a)) que se encontra mais ou menos no centro do lado direito do simulador. (Ela permite que você visualize um texto e imagem explicativa da Lei de Stevin (ponto D na figura 1b)) ou áudio explicando o mesmo princípio (ponto E na figura 1b)).

Ao clicar no Ponto (C sinal +) da figura 1a), você saberá a relação entre as grandezas físicas envolvidas em cada nível (1 2 e 3).

Clicando no ponto B da figura 1a), você poderá abrir (existência da pressão atmosférica) e fechar (ausência da pressão atmosférica) a tampa da garrafa ilustrada na figura.

Em todos os casos a régua serve para mostrar o jato provocado pela pressão do líquido.

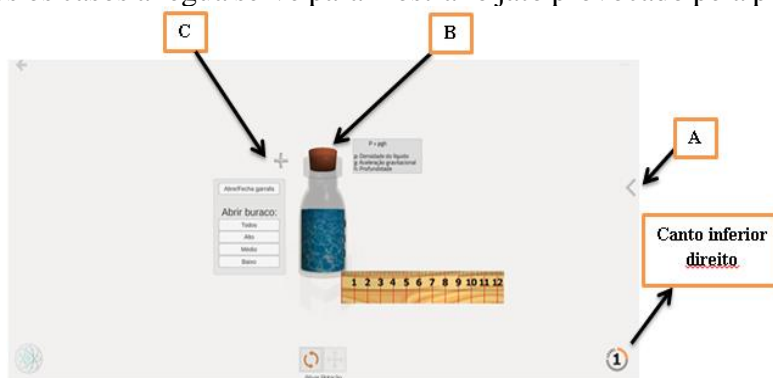


Figura 1a): Nível 1 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática sem nenhum clique ativado

Fonte: Capturado do AvatAR UFRGS



Figura 1b): Nível 1 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática com alguns cliques ativados

Fonte: Capturado do AvatAR UFRGS

¹⁶ Disponível no *Google Play* para *android* (Avatar UFRGS)

Atividade 1

No nível 1, você deverá descobrir a relação entre a **pressão hidrostática** com a **profundidade** (clique no sinal + em C), podendo visualizar o fenômeno (pressão do líquido na régua), basta para tal, clicar abaixo da orientação “abrir buraco” composto pelos botões: todos, alto, médio e baixo, conforme podemos visualizar na figura 1. Repare que cada nível corresponde a uma determinada profundidade.

1. Compare a distância entre o orifício (buraco) alto, médio e baixo (use os sinais < ou >) com relação ao nível inicial do líquido contido no recipiente.

Nível **alto** ___ Nível **médio** ___ Nível **baixo**

2. Clique em alto com a tampa fechada e observe o jato do líquido na régua. De seguida, abra a tampa e volte a clicar em alto. Observe o novo jato do líquido na régua. Você pode repetir quantas vezes achar necessário.

Compare o jato (pressão nos dois casos):

Pressão hidrostática com a tampa fechada (ausência da pressão atmosférica) e com a tampa aberta (presença da pressão atmosférica).

R:

3. Clique em alto com tampa aberta deixe o líquido acabar e depois clique em médio também com a tampa aberta deixe o líquido acabar.

Compare o jato (pressão nos dois casos):

Pressão hidrostática com a profundidade: nível alto (menor profundidade) e nível médio (maior profundidade)

R:

4. Repita o procedimento anterior com a tampa fechada.

Compare o jato (pressão nos dois casos):

Pressão hidrostática com a profundidade: nível alto (menor profundidade) e nível médio (maior profundidade)

R:

5. Clique no botão “**Todos**” com tampa aberta.

O que você observa com relação aos níveis?

R:

Atividade 2

No nível 2, ilustrado no ponto F da figura 2, você deverá descobrir a relação entre a **pressão hidrostática** com a **densidade** do líquido, basta para tal, mudar de líquidos, consequentemente de densidades, clicando nos botões, água, gás natural liquefeito e mercúrio líquido ilustrados no ponto G da figura 2. Neste nível, assim como em todos os outros, você pode abrir ou fechar a tampa da garrafa, para poder visualizar também o efeito produzido na pressão hidrostática com a presença e sem a presença da pressão atmosférica respectivamente.



Figura 2: Nível 2 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática

Fonte: Capturado do AvatAR UFRGS

1. Compare as densidades da água, gás natural liquefeito e mercúrio líquido (use os sinais < ou >).

Densidade do mercúrio ____ Densidade da água ____ densidade média do gás natural liquefeito

A densidade da água é de 1000 Kg/m^3

A densidade média do gás natural liquefeito é aproximadamente 550 Kg/m^3 .

A densidade do mercúrio líquido $13\,579 \text{ kg/m}^3$

2. Clique no botão água com a garrafa fechada, depois clique em abre buraco e observe o jato do líquido na régua. De seguida, abra a garrafa e volte a clicar em abre buraco. Observe o novo jato da água na régua.
Compare o jato (pressão nos dois casos): Pressão hidrostática com a tampa fechada (ausência da pressão atmosférica) e com a tampa aberta (presença da pressão atmosférica).

R:

3. Clique no botão água com a garrafa fechada, depois clique em abre buraco deixe o líquido acabar. De seguida clique no mercúrio também com a tampa fechada, depois clique em abre buraco e deixe o líquido acabar. Nos dois casos observe os jatos.

Compare o jato nos dois casos:

Pressão hidrostática com a densidade do líquido: água (menor densidade) e mercúrio (maior densidade)

R:

4. Repita o procedimento com a água e o gás natural liquefeito, desta vez com a tampa aberta.

Compare o jato (pressão nos dois casos):

Pressão hidrostática com a densidade do líquido: (menor profundidade) e nível médio (maior profundidade)

R:

Atividade 3

O terceiro nível (ver figura 3) é uma combinação dos dois níveis anteriores, permitindo que você, verifique, por exemplo, a pressão exercida por diferentes líquidos em diferentes profundidades, podendo experimentar com ou sem a presença da pressão atmosférica.



Figura 3: Nível 3 do simulador do Princípio Fundamental da Hidrostática
Fonte: Capturado do AvatAR UFRGS

Neste nível você é livre de experimentar a seu critério.

Depois de observar todos os fenômenos do simulador, faça uma síntese (resumo do que entendeu).

R:

APÊNDICE 11

TESTE DE LEVANTAMENTO DE SUBSUNÇORES: PRESSÃO E DENSIDADE

Leia atentamente as questões que se seguem. Algumas delas necessitam que efetue cálculos antes de responder. Nesses casos, efetue os cálculos no rascunho e depois marque a opção correta.

1. Coloca-se um ovo de galinha num recipiente contendo água, o ovo vai para o fundo. Em seguida, à medida que se coloca salmoura (água saturada de sal) nesse recipiente, observa-se que o ovo flutua na superfície da solução obtida. O ovo flutua após a adição de salmoura porque:

- a densidade da solução é menor que a do ovo.
- a densidade da solução é maior que a do ovo.
- a densidade do ovo diminui.
- a densidade do ovo aumenta.

2. (UFPR) Boiar no Mar Morto: luxo sem igual.

É no ponto mais baixo da Terra que a Jordânia guarda seu maior segredo: o Mar Morto. Boiar nas águas salgadas do lago formado numa depressão, a 400 metros abaixo do nível do mar, é a experiência mais inusitada e necessária dessa jornada, mas pode estar com os anos contados. A superfície do Mar Morto tem encolhido cerca de 1 metro por ano e pode sumir completamente até 2050. A alta concentração salina altera uma propriedade da água pura, tornando fácil boiar no Mar Morto.

Assinale a alternativa correspondente a essa alteração.

- Aumento da tensão superficial.
- Aumento da densidade.
- Aumento da pressão de vapor.
- Aumento da temperatura de ebulição.
- Diminuição da densidade

3. Se um corpo tem a massa de 20 g e um volume de 5 cm³, quanto vale sua densidade ?

- 10 g/cm³
- 4 g/cm³
- 5 g/cm³
- 15 g/cm³
- 20 g/cm³

4. Calcule o valor da massa de um objeto constituído de ouro maciço cuja densidade é igual a 20 g/cm³ e volume igual a 25 cm³.

- 5 g
- 45 g
- 85 g
- 300 g
- 500 g

5. (CFTMG) Durante uma aula prática, um professor solicita a um aluno que investigue qual a composição química de um determinado objeto metálico. Para isso, ele estima o volume em 280 cm^3 , mede a massa, obtendo $2,204 \text{ kg}$, consulta a tabela de densidade de alguns elementos metálicos.

Metais	Densidades (g/cm^3)
Alumínio	2,70
Cobre	8,93
Estanho	7,29
Ferro	7,87

Nessa situação, o aluno concluiu, corretamente, que o objeto é constituído de:

- Ferro
 Cobre.
 Estanho.
 Alumínio.

6. (UCS) Considere as densidades, a 20° C , para os respectivos materiais listados abaixo.

Material	Densidades (Kg/m^3)
I alumínio	2700
II carvão	500
III diamante	3500
IV cortiça	240
V água	1000

Ao serem adicionados pedaços de cada um desses materiais à água, observa-se a flutuação de:

- apenas I, II e III;
 apenas I, III e IV;
 apenas I e III;
 apenas II e IV;
 todos.

7. Aplica-se uma força de intensidade 10 N perpendicularmente sobre uma superfície quadrada de área $0,5 \text{ m}^2$. Qual deverá ser a pressão exercida sobre a superfície?

- (A) 5 N.m^2
 5 N/m^2
 20 N/m^2
 10 N/m^2
 nenhuma das alíneas anteriores está correta.

8. Um tijolo de peso 32 N tem dimensões $16 \text{ cm} \times 8,0 \text{ cm} \times 4,0 \text{ cm}$. Quando apoiado em sua face de menor área, a pressão que ele exerce na superfície de apoio é, em N/cm^2 :

- 4,0
 2,5
 0,50
 1,0
 2,0

9. (UFRJ) O impacto de uma partícula de lixo que atingiu a nave espacial Columbia produziu uma pressão de 100 N/cm^2 . Nessas condições e tendo a partícula 2 cm^2 , a nave sofreu uma força de:

- 100 N 200 N 400 N 50 N 1600 N

10. Uma mulher de massa igual a $80,0 \text{ kg}$ encontra-se de pé e descalça. A área total de seus pés é de 160 cm^2 . Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. A pressão exercida pelos pés sobre o solo vale:

- 20 N 5 N 50.000 N 0,128 N Nenhuma das respostas anteriores está correta

APÊNDICE 12

PRÉ-TESTE PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA OU PRINCÍPIO DE STEVIN

Questionário

Os exercícios a seguir, testarão seus conhecimentos sobre a lei de Stevin.

Recomenda-se que observe todas as figuras nas questões que as contém, para evitar erros. Marque a alternativa correta para cada uma das questões.

1. Sem alterar as condições referentes ao volume do líquido nos três recipientes que estão no mesmo nível, com base na lei de Stevin, marque a alternativa correta.

- Nas condições apresentadas na figura abaixo, o recipiente que possuir maior volume terá sempre maior pressão hidrostática num ponto qualquer situado ao mesmo nível dos outros dois.
- A pressão exercida pelo líquido no fundo dos três recipientes é a mesma.
- Levando em conta somente o formato do recipiente, podemos afirmar que ele influencia a pressão hidrostática.
- A pressão hidrostática será maior no primeiro recipiente.
- Nenhuma das alternativas anteriores está correta.

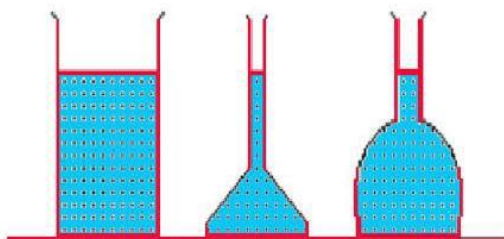


Figura 1 - recipientes com formatos e volumes diferentes

2. A respeito da lei de Stevin, marque o que for correto:

- Depende da densidade do recipiente, do nível líquido e aceleração da gravidade.
- Determina a pressão exercida por um fluido.
- Só serve para determinar a pressão exercida pela água.
- Determina a pressão exercida somente por líquidos e sólidos
- Nenhuma das alternativas anteriores está correta.

3. A figura ao abaixo representa um filtro d'água contendo água. A pressão da água exercida sobre a torneira fechada depende:

- Do volume de água contido no recipiente.

- Da massa de água contida no recipiente.
- Do diâmetro do orifício em que está ligada a torneira.
- Da altura da superfície da água com relação ao fundo do recipiente.
- Da altura da superfície da água com relação à torneira.



Figura 2 - Filtro de água

4. O manual que acompanha uma ducha higiênica informa que a pressão mínima da água para o seu funcionamento apropriado é de 20 kPa. A figura ilustra a instalação hidráulica com a caixa de água e o cano ao qual deve ser conectada a ducha. O valor da pressão da água na ducha está associado à altura:

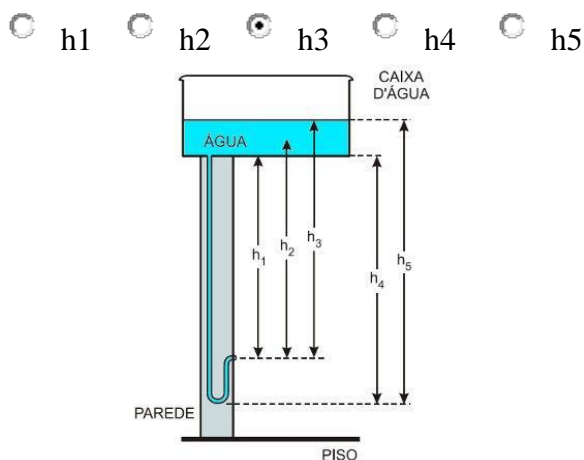


Figura 3 - Ducha higiênica

5. O sifão é usado normalmente nas pias e vasos sanitários para evitar a passagem de gases e pequenos animais dentro de casa. Além do sifão, usa-se um “respiro”, isto é, uma abertura, conectada à atmosfera externa através de um cano, que:

- Mantém iguais as pressões nos dois lados dos sifões, ajudando a manter os níveis de água equilibrados.
- Serve para manter a ventilação no sistema de descarga.
- Serve para escoar o excesso de água quando há uma descarga no vaso sanitário.
- Serve para retirar o som muito alto de descargas.
- Aumenta a fluidez da água, ajudando em seu escoamento.

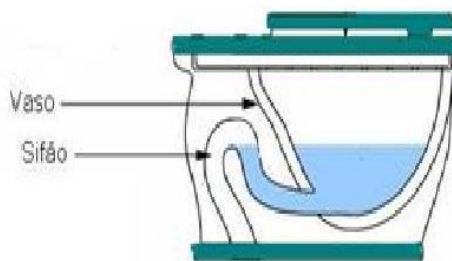


Figura 4 - Sifão

6. A figura representa duas caixas de água, abertas para o ar, interligadas por um cano com uma válvula de passagem. A caixa da esquerda está cheia. Quando a válvula é aberta, a caixa da direita começa a encher até que o nível da água nas duas caixas seja o mesmo.

- Ao final do processo, a pressão no fundo da caixa à esquerda será menor que no início.
- Durante o processo, a velocidade de escoamento da água é constante.
- Ao final do processo, a pressão no fundo da caixa à direita será maior que a pressão no fundo da caixa à esquerda.
- Durante o processo, a velocidade de escoamento da água aumenta.

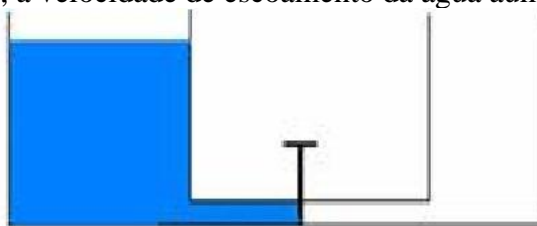


Figura 5 - Caixas de água interligadas por um cano.

7. Algumas cafeteiras industriais possuem um tubo de vidro transparente para facilitar a verificação da quantidade de café no reservatório, como mostra a figura. Observe que os pontos A e B correspondem a aberturas na máquina. Admita que a área da seção reta horizontal do reservatório seja 20 vezes maior do que a do tubo de vidro. Quando a altura alcançada pelo café no tubo é x , a altura do café no interior do reservatório corresponde a:

- $X/20$ $20X$ X $X/2$ $X/10$



Figura 6 - Cafeteira

8. Suponha que uma caixa d'água de 10 metros esteja cheia de água cuja densidade é igual a 1 g/cm^3 . A pressão atmosférica na região vale 10^5 Pa e $g = 10 \text{ m/s}^2$. Calcule a pressão, em Pa, no fundo da caixa d'água e marque a opção correta.

- 50000 Pa
 410000 Pa
 1200000 Pa
 200000 Pa
 350000 Pa

9. Sobre a pressão hidrostática, podemos afirmar que:

- Diminui com a profundidade.
 Aumenta com a profundidade.
 É Sempre constante independentemente da profundidade.
 Na terra varia de acordo com aceleração de gravidade.
 Nenhuma alternativa anterior está correta.

10. A diferença de pressão máxima que o pulmão de um ser humano pode gerar por inspiração é em torno de $0,1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ou $0,1 \text{ atm}$. 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. Calcule o valor dessa profundidade.

- 110,0 m
 100,0 m
 10,0 m
 11,0 m
 1,0m

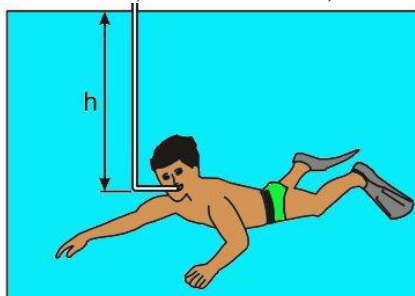


Figura 7 - Mergulhador

11. Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na Figura do Enunciado. Nestas condições:

- A pressão é igual em todos os pontos.
 A pressão é maior no ponto C.
 A pressão é menor no ponto C.
 A pressão é maior no ponto B.
 A pressão é maior no ponto A.

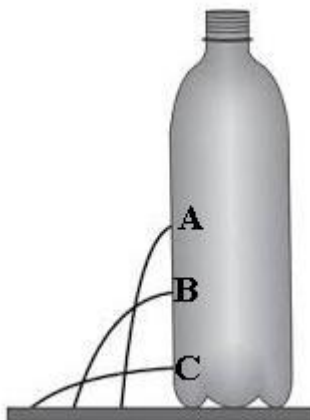


Figura 8 - Garrafa pet com água

12. Para a questão com a garrafa PET, se substituirmos água por mercúrio.

- A Pressão irá se manter constante em todos os pontos.
- A Pressão irá diminuir em A, aumentar em C e se manter constante em B.
- A Pressão irá diminuir em todos os pontos.
- A Pressão irá aumentar em todos os pontos.
- Todas as alternativas anteriores não estão corretas.

APÊNDICE 13

PÓS-TESTE PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA OU PRINCÍPIO DE STEVIN

Os exercícios a seguir, testarão seus conhecimentos sobre a lei de Stevin.

Recomenda-se que observe todas as figuras nas questões que as contém, para evitar erros. Marque a alternativa correta para cada uma das questões.

1. Um artista plástico, querendo chamar atenção para o problema da água, constrói o sistema de vasos comunicantes representado abaixo. Quando a água atingir o nível indicado na Figura 1, podemos afirmar que a pressão no fundo dos vasos é:

- Maior no vaso B.
- Igual nos vasos A e C.
- Igual em todos os vasos.
- Maior no vaso C.
- Maior no vaso D.

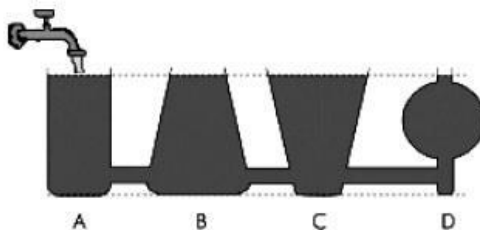


Figura 1 - recipientes com formatos e volumes diferentes

2. Observe a caixa d'água abaixo. Ela está completamente cheia. Assinale, qual será a altura (H) associada à pressão da água na sua fonte.

- H1
- H2
- H3
- H4
- H5

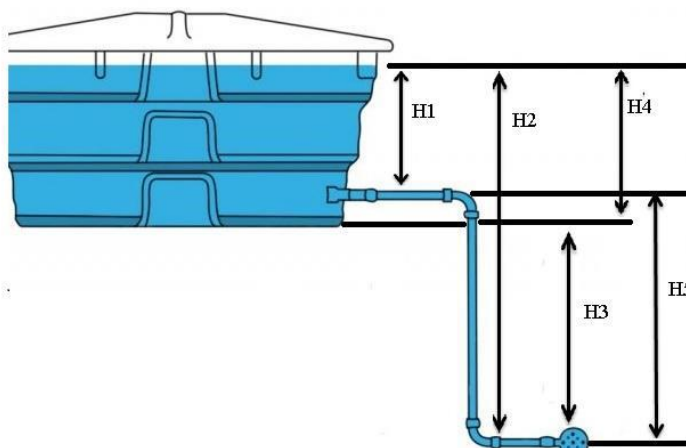


Figura 2 - Tanque d'água

3. A figura mostra três vasos V_1 , V_2 e V_3 cujas bases têm a mesma área. Os vasos estão cheios de líquidos l_1 , l_2 e l_3 até uma mesma altura. As pressões no fundo dos vasos são P_1 , P_2 e P_3 , respectivamente. Com relação a essa situação é correto afirmar que:

- $P_1 = P_2 = P_3$ somente se os líquidos l_1 , l_2 e l_3 forem idênticos.
- $P_1 = P_2 = P_3$ quaisquer que sejam os líquidos l_1 , l_2 e l_3 .
- $P_1 > P_2 > P_3$ somente se os líquidos l_1 , l_2 e l_3 forem idênticos.
- $P_1 > P_2 > P_3$ quaisquer que sejam os líquidos l_1 , l_2 e l_3 .
- Nenhuma das alternativas anteriores está correta.

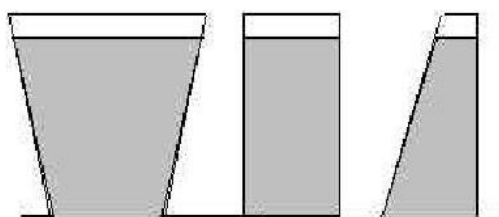


Figura 3 – Vasos

4. Observe, na ilustração abaixo, dois tubos (A e B) ligados entre si e a válvula que permite a comunicação entre eles. Com a válvula fechada, você pode observar que, no tubo A, a altura da coluna de água em relação ao fundo do tubo é maior que no tubo B. Ao abrirmos a válvula uma parte da água passa do tubo A para o tubo B, até que o nível da água fique igual nos dois tubos.

Isso pode ser explicado:

- Devido a maior pressão que a água do lado do tubo B exercia sobre a água do tubo A.
- Devido a maior pressão que a água do lado do tubo A exercia sobre a água do tubo B.
- Devido às pressões iguais de ambos os lados
- Devido ao formato do tubo
- Nenhuma das alternativas anteriores está correta.

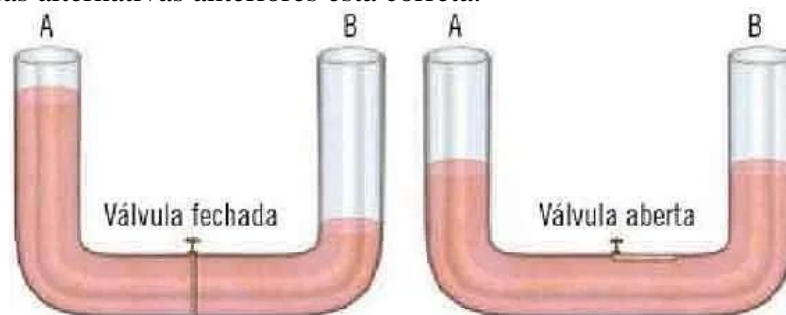


Figura 4 - Ducha higiênica

5. Algumas cafeteiras comerciais possuem um tubo de vidro transparente interligadas para a verificação da quantidade de café no reservatório (ambos abertos na parte de cima), como mostra a figura. Supondo que a área da seção reta horizontal do tubo de vidro seja 20 vezes

menor do que a do tubo de vidro. Quando a altura alcançada pelo café no tubo é h , a alternativa correta que indica a altura do café no interior do reservatório corresponde a:

- $h/20$
 2
 $h/2$
 h
 Nenhuma das alternativas anteriores está correta



Figura 5 - Cafeteira

6. A figura abaixo mostra um tubo aberto em suas extremidades, contendo um único líquido em equilíbrio.

- $P_A = P_B = P_C = P_D$
 $P_A > P_B = P_C = P_D$
 $P_A = P_B = P_C < P_D$
 $P_A = 2P_B = 3P_C = 4P_D$
 Nenhuma das respostas anteriores está correta

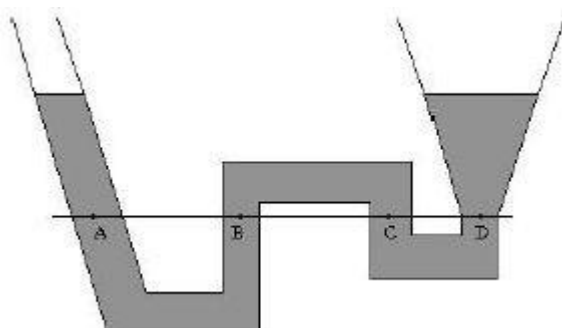


Figura 6 - Vasos comunicantes

7. Afundando 10 m na água, fica-se sob o efeito de uma pressão, devida ao líquido, de 1 atm. Qual deve ser a profundidade em um líquido com 80% da densidade da água, para ficar também sob o efeito de 1 atm (10^5 Pa) de pressão devida a esse líquido.

- 8 m
 11 m
 12,5m
 15m
 18m

8. Em relação à pressão exercida pelos fluidos podemos afirmar que:

- A pressão será a mesma, desde que apenas a densidade do meio seja alterada.
 A pressão será maior para profundidades menores.
 A pressão não depende da densidade do fluido.
 Quanto maior a densidade e a profundidade, maior será o valor da pressão hidrostática.
 A pressão não tem relação com a densidade e gravidade local.

9. Sobre a pressão hidrostática, podemos afirmar que ele depende da:

- Massa do líquido e do local onde o recipiente que contém se encontra.
- Densidade do líquido, do local onde o recipiente que contém se encontra e da altura.
- Densidade do líquido, do local onde o recipiente que contém se encontra e da área da base do recipiente.
- Massa do líquido e do local onde o recipiente que contém se encontra.
- Todas as alternativas anteriores não estão corretas.

10. O nível de água contida numa caixa fechada está 10m acima de uma torneira. Qual é a pressão hidrostática sobre a torneira? Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$; $d_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

- 10 Pa
- 100000 Pa
- 200000 Pa
- 100Pa
- 10000 Pa

11. Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na Figura do Enunciado. Nestas condições:

- A pressão é igual em todos os pontos.
- A pressão é menor no ponto A.
- A pressão é menor no ponto C.
- A pressão é maior no ponto A.
- A pressão é menor no ponto B.

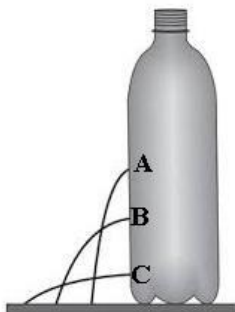


Figura 7- Garrafa pet com água

12. Para a questão com a garrafa PET, se substituirmos água por gás natural liquefeito.

- A Pressão irá se manter constante em todos os pontos.
- A Pressão irá diminuir em A, aumentar em C e se manter constante em B.
- A Pressão irá diminuir em todos os pontos.
- A Pressão irá aumentar em todos os pontos.
- Nenhuma alternativa anterior está correta.