



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Tiago Antônio Gomes da Silva

**As Barragens de Rejeitos no Brasil**  
**Uma Proposta de Ensino de Hidrostática Significativa Crítica**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Nathan Willig Lima.

Orientador

Tramandaí

Julho, 2022

### CIP - Catalogação na Publicação

Gomes da Silva, Tiago Antônio  
As Barragens de Rejeitos no Brasil Uma Proposta de  
Ensino de Hidrostática Significativa Crítica / Tiago  
Antônio Gomes da Silva. -- 2022.  
184 f.  
Orientador: Nathan Willig Lima.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,  
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS,  
2022.

1. Aprendizagem Significativa Crítica. 2. Barragens  
de Rejeitos. 3. Hidrostática. I. Willig Lima, Nathan,  
orient. II. Título.

Tiago Antônio Gomes da Silva

**As Barragens de Rejeitos no Brasil**  
**Uma Proposta de Ensino de Hidrostática Significativa Crítica**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 07 de julho de 2022.

Prof. Dr. Nathan Willig Lima.– MNPEF/UFRGS (Presidente da Banca)

Prof. Dr. Aline Cristiane Pan– MNPEF/UFRGS

Prof. Dr. Neila Seliane Pereira Witt – MNPEF/UFRGS

Prof. Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann – UFRGS

## **Dedicatória**

Dedico esse trabalho ao meu pai Gilberto Gomes da Silva (in memoriam), à minha esposa Cristine Helena de Mello, que muito me apoiou, e à minha filha Violeta Gome de Mello pela alegria que nos trouxe durante o período de Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço muito ao Prof. Dr. Nathan Willig Lima pelas instruções, sugestões e principalmente pela paciência em me orientar, à Prof<sup>a</sup>. Dr. Karen Tauceda que participou no início como Co-Orientadora, aos professores que participaram da minha banca de qualificação Prof. Dr. Alexandre e Prof. Dr. Dakir pelas sugestões e conselhos e agradecer também a CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

## RESUMO

A proposta desta dissertação refere-se ao ensino do conteúdo de Hidrostática, com contribuições do aspecto sociocientífico, que acolhe questões sociais relacionadas a conhecimentos científicos atuais: barragens de rejeitos. Dentro de uma sequência didática, com este produto educacional objetiva-se fazer com que o aluno elabore possíveis hipóteses sobre os rompimentos das barragens, utilizando conceitos da hidrostática, aproximando-se da Aprendizagem Significativa Crítica e seguindo os princípios facilitadores sugeridos por Moreira (2010). Nesta perspectiva, a metodologia do desenvolvimento do produto inclui quatro questionários, pesquisa orientada, produção textual e atividades, realizadas em grupos, de montagem de experimentos em plataformas virtuais e em meio físico. Ao final de cada etapa, os dados produzidos foram coletados para análise e verificação do possível desenvolvimento de cada aluno. Efetuada em cinco encontros presenciais, a sequência didática iniciou com a verificação do conhecimento prévio dos alunos por meio de uma notícia midiática problematizadora e um questionário inicial elaborado a partir de perguntas abertas, intencionando a tentativa de realização da atividade por parte do estudante. No segundo momento, foram utilizadas notícias midiáticas selecionadas, e, com isso, o estudo buscou relacionar os conhecimentos científico e social ao tema barragens de rejeitos. O educador, solicitando a pesquisa e leitura aos estudantes, exerce certo abandono do quadro de giz, da centralidade do livro didático e da narrativa. Na sequência, os estudantes redigiram uma redação, utilizando o levantamento de informações mais relevantes do material por eles pesquisado, cuja temática os coloca como agentes atuantes e participantes sociais em suposta consulta feita sobre a possível instalação de uma mineradora em local próximo. No terceiro encontro, utilizando os princípios facilitadores do conhecimento como linguagem e da consciência semântica, foi feita a construção das equações matemáticas utilizadas na hidrostática a partir de questões orientadoras e pequenas intervenções, com exemplos, pelo professor. Pela dificuldade encontrada pelos alunos, oportunizou-se mais um encontro para auxiliá-los. Executados no modo assíncrono e em grupos de modo virtual, os experimentos visam à socialização de informações, e tenciona explicações dos fenômenos através de questionamentos orientados, na obtenção de perguntas e no incentivo à aprendizagem significativa. Ao término, teremos o relato da aplicação e

as considerações finais. Concluindo, analiso enquanto positivos os resultados verificados já que foi desenvolvida a criticidade vinculada às barragens de rejeitos. Mesmo não obtendo os resultados esperados no momento, o estudo se mostrou potente, pois, no decorrer das aulas seguintes, outros assuntos foram tratados pelos estudantes com proatividade e com ampla visão.

Palavras-Chave: Aprendizagem Significativa Crítica. Tema Sociocientífico. Barragens de Rejeitos. Ensino de Física. Sequência Didática. Hidrostática.

## ABSTRACT

The purpose of this dissertation refers to the teaching of Hydrostatics content, with contributions from the socio-scientific aspect, which welcomes social issues related to current scientific knowledge: tailings dams. Within a didactic sequence, this educational product, has the objective is to make the student elaborate possible hypotheses about the dam ruptures, using concepts of hydrostatics, approaching Critical Significant Learning, following the facilitating principles suggested by Moreira (2010). In this perspective, the product development methodology includes four questionnaires, guided research, textual production and activities, carried out in groups, to set up experiments on virtual platforms and in physical media. At the end of each stage, the data produced were collected for analysis to verify the possible development of each student. Conducted in five meetings, the didactic sequence began with the verification of the students' prior knowledge through a problematizing media news and an initial questionnaire elaborated from open questions, intending the attempt to carry out the activity by the student. In the second moment, selected media news were used, and, with that, the study sought to relate scientific and social knowledge to the theme tailings dams. The educator, asking students to research and read, exercises a certain abandonment of the chalkboard, the centrality of the textbook and the narrative. Subsequently, the students wrote an descriptive essay, using the collection of the most relevant information from the material they researched, whose theme places them as active agents and social participants in a supposed consultation made about the possible installation of a mining company in a nearby location. In the third meeting, using the principles that facilitate knowledge such as language and semantic awareness, the mathematical equations used in hydrostatics were constructed from guiding questions and small interventions, with examples, by the teacher. Due to the difficulties encountered by the students, another meeting was provided to help them. Executed in asynchronous mode and in groups in virtual mode, the experiments aim at the socialization of information, and intend explanations of the phenomena through guided questioning, in obtaining questions and in encouraging meaningful learning. At the end, we will have the application report and the final remarks. In conclusion, I analyze the results verified as positive, since the criticality linked to tailings dams was developed. Even not getting the expected results at the moment, the study proved to be powerful,

because, in the course of the following classes, other subjects were treated by the students with proactivity and with a broad vision.

Keywords: Critical Meaningful Learning. Socioscientific Theme. Tailings Dams. Physics Teaching. Didactic Sequence, Hydrostatic.

## Lista de figuras

Figura 1 – Sequência de alteamento de barragem pelo método de montante .....	34
Figura 2 – Sequência de alteamento da barragem pelo método de jusante .....	35
Figura 3 – Sequência de alteamento pelo método de linha de centro .....	36
Figura 4 – Exemplos de Atividades Construídas no <i>Software</i> ALGODOO .....	45
Figura 5 – Parte do Questionário Inicial Realizado no <i>Google Forms</i> .....	49
Figura 6 – Parte da Atividade Domiciliar I .....	61
Figura 7 – Levantamento de Pontos Importantes do Aluno C-Parte I .....	63
Figura 8 – Levantamento de Pontos Importantes do Aluno C- Parte II .....	64
Figura 9 – Resolução da questão 1, expressões matemáticas, pelo Aluno A .....	71
Figura 10 – Resolução da questão 4, expressões matemáticas, pelo Aluno A .....	72
Figura 11 – Resolução da questão 2, expressões matemáticas, pelo Aluno B .....	72
Figura 12 – Resolução da questão 3, expressões matemáticas, pelo Aluno B .....	72
Figura 13 – Quatro <i>prints</i> de vídeo sobre montagem das Barragens (Algodo) .....	73
Figura 14 – Resposta da Questão “a”, do experimento I, pelo Grupo 2 .....	75
Figura 15 – Imagem ilustrativa do tipo de barragem construída pelo Grupo .....	75
Figura 16 – Resposta da Questão “a”, do experimento I, pelo Grupo 3 .....	75
Figura 17 – Imagem ilustrativa do tipo de barragem construída pelo Grupo 3 .....	76
Figura 18 – Resposta da Questão “a”, do experimento I, pelo Grupo 4 .....	76
Figura 19 – Imagem ilustrativa do tipo de barragem construída pelo Grupo 4 .....	76
Figura 20 – Imagem ilustrativa do tipo de barragem construída pelo Grupo 5 .....	77
Figura 21 – Resposta da Questão “b”, do experimento I, pelo Grupo 2 .....	78
Figura 22 – Resposta da Questão “b”, do experimento I, pelo Grupo 3 .....	78
Figura 23 – Resposta da Questão “b”, do experimento I, pelo Grupo 4 .....	78
Figura 24 – Resposta da Questão “b”, do experimento I, pelo Grupo 5 .....	78
Figura 25 – Resposta da Questão “c”, do experimento I, pelo Grupo 2 .....	79
Figura 26 – Resposta da Questão “c”, do experimento I, pelo Grupo 3 .....	79
Figura 27 – Resposta da Questão “c”, do experimento I, pelo Grupo 4 .....	79
Figura 28 – Resposta da Questão “c”, do experimento I, pelo Grupo 5 .....	79
Figura 29 – Resposta da Questão “d”, do experimento I, pelo Grupo 2 .....	80
Figura 30 – Resposta da Questão “d”, do experimento I, pelo Grupo 3 .....	80
Figura 31 – Resposta da Questão “d”, do experimento I, pelo Grupo 5 .....	80
Figura 32 – Resposta da Questão “a”, do experimento II, pelo Grupo 1 .....	81

Figura 33 – Resposta da Questão “a”, do experimento II, pelo Grupo 2 .....	81
Figura 34 – Resposta da Questão “a”, do experimento II, pelo Grupo 3 .....	81
Figura 35 – Resposta da Questão “a”, do experimento II, pelo Grupo 4 .....	81
Figura 36 – Resposta da Questão “a”, do experimento II, pelo Grupo 5 .....	82
Figura 37 – Resposta da Questão “b”, do experimento II, pelo Grupo 1 .....	82
Figura 38 – Resposta da Questão “b”, do experimento II, pelo Grupo 2 .....	82
Figura 39 – Resposta da Questão “b”, do experimento II, pelo Grupo 3 .....	82
Figura 40 – Resposta da Questão “b”, do experimento II, pelo Grupo 4 .....	83
Figura 41 – Resposta da Questão “b”, do experimento II, pelo Grupo 5 .....	83
Figura 42 – Resposta da Questão “c”, do experimento II, pelo Grupo 1 .....	83
Figura 43 – Resposta da Questão “c”, do experimento II, pelo Grupo 2 .....	83
Figura 44 – Resposta da Questão “c”, do experimento II, pelo Grupo 3 .....	84
Figura 45 – Resposta da Questão “c”, do experimento II, pelo Grupo 4 .....	84
Figura 46 – Resposta da Questão “c”, do experimento II, pelo Grupo 5 .....	84
Figura 47 – Resposta da Questão “d”, do experimento II, pelo Grupo 1 .....	84
Figura 48 – Resposta da Questão “d”, do experimento II, pelo Grupo 2 .....	85
Figura 49 – Resposta da Questão “d”, do experimento II, pelo Grupo 3 .....	85
Figura 50 – Resposta da Questão “d”, do experimento II, pelo Grupo 4 .....	85
Figura 51 – Resposta da Questão “d”, do experimento II, pelo Grupo 5 .....	85
Figura 52 – Resposta da Questão “a”, do experimento III, pelo Grupo 1 .....	86
Figura 53 – Resposta da Questão “a”, do experimento III, pelo Grupo 2 .....	86
Figura 54 – Resposta da Questão “a”, do experimento III, pelo Grupo 3 .....	86
Figura 55 – Resposta da Questão “a”, do experimento III, pelo Grupo 4 .....	86
Figura 56 – Resposta da Questão “a”, do experimento III, pelo Grupo 5 .....	87
Figura 57 – Resposta da Questão “b”, do experimento III, pelo Grupo 1 .....	87
Figura 58 – Resposta da Questão “b”, do experimento III, pelo Grupo 2 .....	87
Figura 59 – Resposta da Questão “b”, do experimento III, pelo Grupo 3 .....	87
Figura 60 – Resposta da Questão “b”, do experimento III, pelo Grupo 4 .....	88
Figura 61 – Resposta da Questão “b”, do experimento III, pelo Grupo 5 .....	88
Figura 62 – Resposta da Questão “c”, do experimento III, pelo Grupo 1 .....	88
Figura 63 – Resposta da Questão “c”, do experimento III, pelo Grupo 2 .....	88
Figura 64 – Resposta da Questão “c”, do experimento III, pelo Grupo 3 .....	88
Figura 65 – Resposta da Questão “c”, do experimento III, pelo Grupo 4 .....	88
Figura 66 – Resposta da Questão “c”, do experimento III, pelo Grupo 5 .....	89

Figura 67 – Resposta da Questão “d”, do experimento III, pelo Grupo 1 .....	89
Figura 68 – Resposta da Questão “d”, do experimento III, pelo Grupo 2 .....	89
Figura 69 – Resposta da Questão “d”, do experimento III, pelo Grupo 3 .....	89
Figura 70 – Resposta da Questão “d”, do experimento III, pelo Grupo 4 .....	89
Figura 71 – Resposta da Questão “d”, do experimento III, pelo Grupo 5 .....	90
Figura 72 – Resposta da Questão “a”, do experimento IV, pelo Grupo 1 .....	90
Figura 73 – Resposta da Questão “a”, do experimento IV, pelo Grupo 2 .....	91
Figura 74 – Resposta da Questão “a”, do experimento IV, pelo Grupo 3 .....	91
Figura 75 – Resposta da Questão “a”, do experimento IV, pelo Grupo 4 .....	91
Figura 76 – Resposta da Questão “a”, do experimento IV, pelo Grupo 5 .....	91
Figura 77 – Resposta da Questão “b”, do experimento IV, pelo Grupo 1 .....	92
Figura 78 – Resposta da Questão “b”, do experimento IV, pelo Grupo 2 .....	92
Figura 79 – Resposta da Questão “b”, do experimento IV, pelo Grupo 3 .....	92
Figura 80 – Resposta da Questão “b”, do experimento IV, pelo Grupo 4 .....	92
Figura 81 – Resposta da Questão “b”, do experimento IV, pelo Grupo 5 .....	92
Figura 82 – Resposta da Questão “c”, do experimento IV, pelo Grupo 1 .....	93
Figura 83 – Resposta da Questão “c”, do experimento IV, pelo Grupo 3 .....	93
Figura 84 – Resposta da Questão “c”, do experimento IV, pelo Grupo 4 .....	93
Figura 85 – Resposta da Questão “d”, do experimento IV, pelo Grupo 1 .....	93
Figura 86 – Resposta da Questão “d”, do experimento IV, pelo Grupo 3 .....	94
Figura 87 – Resposta da Questão “d”, do experimento IV, pelo Grupo 4 .....	94
Figura 88 – Resposta da Questão “d”, do experimento IV, pelo Grupo 5 .....	94
Figura 89 – Cabeçalho do Questionário Final de Hidrostática .....	96

## Lista de Quadros

Quadro 1 – Demonstração de Transformação de Unidades .....	38
Quadro 2 – Quadro Organizacional das Aulas .....	42
Quadro 3 – Respostas referentes à questão 1 do questionário I .....	49
Quadro 4 – Respostas referentes à questão 2 do questionário I .....	50
Quadro 5 – Respostas referentes à questão 3 do questionário I .....	51
Quadro 6 – Respostas referentes à questão 4 do questionário I .....	52
Quadro 7 – Respostas referentes à questão 5 do questionário I .....	53
Quadro 8 – Respostas referentes à questão 6 do questionário I .....	54
Quadro 9 – Respostas referentes à questão 7 do questionário I .....	55
Quadro 10 – Respostas referentes à questão 8 do questionário I .....	56
Quadro 11 – Respostas referentes à questão 9 do questionário I .....	57
Quadro 12 – Respostas referentes à questão 10 do questionário I .....	58
Quadro 13 – Fontes de Pesquisa Orientadas .....	61
Quadro 14 – Levantamento de Pontos Importantes pelos Estudantes .....	62
Quadro 15 – Conclusões referente à Redação .....	66
Quadro 16 – Respostas referentes à questão 1 do questionário final .....	96
Quadro 17 – Respostas referentes à questão 2 do questionário final .....	97
Quadro 18 – Respostas referentes à questão 3 do questionário final .....	98
Quadro 19 – Respostas referentes à questão 4 do questionário final .....	100
Quadro 20 – Respostas referentes à questão 5 do questionário final .....	101
Quadro 21 – Respostas referentes à questão 6 do questionário final .....	102
Quadro 22 – Respostas referentes à questão 7 do questionário final .....	103
Quadro 23 – Respostas referentes à questão 8 do questionário final .....	104
Quadro 24 – Respostas referentes à questão 9 do questionário final .....	105
Quadro 25 – Respostas referentes à questão 10 do questionário final .....	106

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 – Porcentagem de Alunos que Realizaram a Coleta de Informações .....	65
Gráfico 2 – Porcentagem das respostas para a questão 1 do questionário final .....	97
Gráfico 3 – Porcentagem das respostas para a questão 2 do questionário final .....	98
Gráfico 4 – Comparativo I referente aos Questionários inicial e final .....	99
Gráfico 5 – Comparativo II referentes aos Questionários inicial e final .....	101
Gráfico 6 – Comparativo III referentes aos Questionários inicial e final .....	102
Gráfico 7 – Porcentagem de respostas referentes à Questão 8 .....	105
Gráfico 8 – Porcentagem de respostas referentes à Questão 9 .....	106

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	17
1.1 Objetivo Geral	21
1.2 Objetivos Específicos	21
<b>2 QUADRO TEÓRICO</b>	22
2.1 Aprendizagem Significativa	22
2.2 Aprendizagem Significativa Crítica	24
<b>3 BARRAGENS DE REJEITOS</b>	31
3.1 Tipos de Barragens de Rejeitos	33
3.1.1 Método da Linha de Montante	33
3.1.2 Método da Linha de Jusante	34
3.1.3 Método da Linha de Centro	35
<b>4 HIDROSTÁTICA</b>	37
4.1 Propriedades dos Fluidos	37
4.2 Pressão em Fluido	37
4.3 Densidade	38
4.4 Equilíbrio estático em um fluido	39
<b>5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO</b>	40
5.1 Momento Atual	40
5.2 Sobre o Produto Educacional	41
5.3 Pesquisa e Coleta de Dados	44
5.4 Sobre o <i>Software ALGODOO/PHUN</i>	44
5.5 Sobre o <i>Software PhET (Interactive Simulations)</i>	46
<b>6 AULAS, RELATOS DA APLICAÇÃO E ANÁLISES</b>	47
6.1 Aula I (Síncrona): Verificação Dos Conhecimentos Prévios	47
6.1.1 Relato da Aula 1	48
6.2 Atividade Domiciliar I (Assíncrona): Inserção de Organizadores Prévios	60
6.2.1 Levantamento de Pontos Importantes pelos Estudantes	62
6.3 Aula II (Síncrona): Produção da Redação	65
6.3.1 Análise da Aula II	67
6.4 Aula 3 (Síncrona) – Construção das Expressões Matemáticas	68
6.4.1 Relato: Aula 3	69

<b>6.5 Aula 4 (Síncrona) – Aplicação das Expressões Matemáticas</b>	70
6.5.1 Relato: Aula 4	71
<b>6.6 Aula 5 – Atividade Domiciliar II – Construção dos Experimentos</b>	72
6.6.1 Relato Aula 5	73
<b>6.7 Aula 6 (Síncrona) – Apresentação dos Experimentos</b>	74
6.7.1 Análise da Aula 6	74
<b>6.8 Aula 7 –(Assíncrona): Atividade Domiciliar III</b>	96
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	109
<b>8 Referências Bibliográficas</b>	112
APÊNDICE A – ATIVIDADE DOMICILIAR I	113
APÊNDICE B – AULA SÍNCRONA – REDAÇÃO	114
APÊNDICE C – CONSTRUÇÃO DAS EXPRESSÕES MATEMÁTICAS	115
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO COM POSSÍVEIS RESPOSTAS	116
APÊNDICE E – APLICAÇÃO DAS EXPRESSÕES MATEMÁTICAS	118
APÊNDICE F – ROTEIRO PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	119
APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO FINAL	122
APÊNDICE H – TIPOS DE BARRAGENS	123
ANEXO A – VERIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO	124
ANEXO B – BARRAGENS EM RISCO	126
ANEXO C – EXPERIMENTOS REALIZADOS PELOS ESTUDANTES	127
APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL	130

## INTRODUÇÃO

Atuando há onze anos na docência, professor de física na rede estadual do Ensino Médio posso dizer que é perceptível a mudança de comportamento do aluno no respectivo período, mediante a vários fatores, dentre os quais: avanços tecnológicos, excesso de tempo voltado ao uso de mídias, utilização de remédios em demasia, entre outros; São fatores determinantes, pois influenciam em suas atitudes e causam prejuízos cognitivos, como a diminuição do tempo hábil de concentração e estudo. Esses motivos contribuem para outro fator importantíssimo a ser observado que é a crescente desconfiança, por parte da população, na credibilidade da ciência. Enquanto o modelo de sociedade mais próximo do ideal seria a aproximação entre o conhecimento e a população, notamos o distanciamento entre o cientista e sociedade moderna, tornando a ciência quase que um objeto de crença, afirma Thurllier (1989), ou seja, assim como Deus é visto na igreja como entidade absoluta, a Ciência é tratada quase como divindade e usada, muitas vezes, como justificativa para decisões por vezes incoerentes.

A tendência da tecnocracia é transferir a 'especialistas', técnicos ou cientistas, problemas que são de todos os cidadãos. (...) Escolhas políticas são transformadas em questões a serem decididas por comitês de especialistas. Não digo que os tecnocratas sejam maus, nem que tomem sempre decisões erradas. Digo que é mau o sistema que lhes dá esse poder. (THUILIER, 1989, p.22, apud AULER, 2001, p.124).

Atualmente, e colaborando com o aumento na incerteza em relação à ciência, muitas notícias jornalísticas se utilizam de termos, como os seguintes: experimentos de "tal" universidade relatam, cientistas comprovam que, estudos indicam que, etc.; buscando, assim, validarem suas escritas. Informações sensacionalistas sem referências e sendo a sua maior parte obtida de fontes de pouca confiabilidade, parecem bastar para muitos leitores. Essa mesma situação também ocorre em sala de aula quando não existe questionamento, ou reflexão, em relação ao pronunciamento do professor, simplesmente aceitando a palavra do educador como sendo verdade absoluta, crendo nela de maneira incontestável.

Também deve ser mencionado o constante questionamento, que é válido, dos alunos com frases que se repetem aos ouvidos dos professores como: o porquê de

aprender certo conteúdo? onde “eu (aluno)” irei utilizar isso em minha vida? para que serve? etc. Muitas vezes, não se satisfazem com as respostas dos educadores, os quais não fazem ligação com as tecnologias e seus avanços ou não relacionam os ensinamentos da sala de aula com a vida social e cotidiana dos estudantes.

O autor Winner (1987), apud Auler (2001, p.127), utiliza e define a expressão "sonambulismo tecnológico" para caracterizar o comportamento conformado, a aceitação passiva da sociedade diante da chamada marcha do progresso, diante de novos artefatos tecnológicos, sem nenhuma reflexão crítica em relação aos aspectos positivos e negativos dela decorrentes.

De acordo com Sachs (1996), apud Auler (2001, p.125)

o desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado um processo neutro que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua. Nem a Ciência e nem a Tecnologia são alavancas para a mudança que afetam sempre, no melhor sentido, aquilo que transformam. O progresso científico e tecnológico não coincide necessariamente com o progresso social e moral. (AULER, 2001, p.125)

Diante desse cenário apresentado, somado com o aumento de informações falsas (*fake news*) sendo divulgadas, percebe-se a necessidade de enfatizar a alfabetização científica, a aproximação da ciência com a população e o favorecimento da construção da aprendizagem crítica do conhecimento científico relacionando com o social.

No momento atual estamos utilizando o ensino presencial, porém, nos últimos dois anos, as aulas ocorriam de modo híbrido entre o ensino remoto e semipresencial, devido à Pandemia de COVID-19, na Escola Estadual de Ensino Médio e Técnico Ildelfonso Simões Lopes, localizada no município de Osório (RS) que se encontra situada na base do Morro da Borússia. É importante salientar que a escola possui propostas pedagógicas diferenciadas e o corpo docente, junto com a equipe diretiva, frequentemente propõe e utilizam metodologias diferenciadas no ensino.

A proposta deste trabalho é aproximar-se da aprendizagem significativa crítica, a qual se origina com o autor Ausubel e é desenvolvida por Moreira. Por meio de uma sequência didática motivadora que favorecerá a motivação de aprender e de potencializar a construção de novos conhecimentos, no ensino de física. Visto que

esse tipo de abordagem de ensino preconiza que inicialmente o professor aborde o respectivo tema de estudo de forma a despertar o interesse do aluno através de seus conhecimentos prévios.

Utilizando o tema sociocientífico atual barragens de rejeitos, objetiva-se tornar mais visível e próximo da aplicabilidade, para os discentes, os conceitos das ciências da natureza relacionados aos conteúdos de hidrostática, já que as estruturas das Barragens de rejeitos estão presentes e continuam sendo muito utilizadas no Brasil. Nesse sentido, buscar aprender sobre seu funcionamento envolve questões sociais e tecnológicas. Os crimes ambientais ocorridos pelos rompimentos das barragens nos distritos de Bento Rodrigues, no município de Mariana, em 5 de novembro de 2015, e de Brumadinho, em 25 de janeiro de 2019, no Estado de Minas Gerais, farão parte desse processo de interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, sendo parte do estudo a escrita de um ensaio redigido a partir das análises físico-sociais que os discentes realizarão levando em consideração aspectos como: tipo de estrutura das barragens, capacidade volumétrica de segurança, densidade do rejeito, pressão exercida pelo “fluído”, prevenções envolvendo simulações climáticas, etc.

A escolha do conteúdo de hidrostática se deve ao fato de o mesmo estar presente na vida dos moradores da microrregião do litoral norte do Rio Grande do Sul, tanto no uso de lago, lagoas e mar, quanto na presença de regiões de maiores altitude e fluxo de vento. E por isso, assunto importante e que faz parte diretamente da vivência dos estudantes e que em muitas escolas não estava sendo devidamente valorizado, até mesmo sendo excluído. Tal fato compreensível, pois está diretamente ligado, entre outros fatores, à redução de carga horária das disciplinas das ciências da natureza.

Pesquisando produtos educacionais desenvolvidos por colegas de profissão, deparei-me com poucos trabalhos envolvendo o referido conteúdo de física e com proposta de teoria da aprendizagem semelhantes, mas não utilizando a temática das barragens. Como exemplo podemos citar os trabalhos de Feitosa (2017), Monteiro (2019), da Costa (2007), e Lima (2016).

A opção de utilizar as Barragens de Rejeitos na temática do produto educacional, especificamente, está associada com os desastres ocorridos recentemente em Minas Gerais, e que ainda podem ocorrer, em todo o território do

Brasil. O conteúdo midiático referente aos eventos encontra-se em grande quantidade sendo de fácil disponibilidade na internet.

Além disso, chama a atenção à quantidade de vítimas, bem como ainda os impactos ambientais gerados pelo rompimento das barragens, os quais foram considerados criminosos, uma vez que houve negligência em algum aspecto da ampla série de procedimentos de verificações de órgãos reguladores federais e estaduais, assim como da(s) própria(s) empresa(s) envolvidas.

Podemos então dizer que a união do tema sociocientífico das barragens de rejeitos com o conteúdo de Hidrostática pode ser considerada como um meio de compreensão de temas socialmente relevantes, dialogando, assim, com a Alfabetização Científica e Tecnológica – ACT ampliada, a qual interage de modo significativo com a abordagem baseada na tríade Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS, nesse caso, podemos verificar a existência da relação entre o conhecimento crítico da realidade com uma leitura reflexiva crítica do mundo. Isto vai ao encontro dos conceitos/valores explanados pelo pedagogo Freire (1987, 1996), cuja obra é referência na área educacional.

De acordo com Freire, (1992, p. 79), citado por Auler (2001, p. 128)

E não se diga que, se sou professor de biologia, não posso me alongar em considerações outras, que devo apenas ensinar biologia, como se o fenômeno vital pudesse ser compreendido fora da trama histórico-social, cultural e política. Como se a vida, a pura vida, pudesse ser vivida de maneira igual em todas as suas dimensões favela, no cortiço ou numa zona feliz dos “Jardins” de São Paulo. Se sou professor de biologia, obviamente, devo ensinar biologia, mas, ao fazê-lo, não posso seccioná-lo daquela trama. (AULER, 2001, p. 128)

Analisando a relevância de todo o contexto apresentado, a implementação desta unidade didática foi feita com a finalidade de averiguar o possível desenvolvimento da aprendizagem significativa crítica ressaltando aspectos favoráveis e desfavoráveis que irão ocorrer durante sua aplicação. Mesmo em situação pandêmica, espera-se contribuir com dados satisfatórios na construção da aprendizagem. Atento que devido ao curto o período de tempo não será aprofundado o estudo sobre barragens de rejeitos por envolver muitas variáveis o que o torna complexo e demanda conhecimentos mais avançados. Assim será uma breve introdução de forma simples sobre o tema.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma sequência didática para o ensino dos temas da hidrostática no ensino médio, utilizando-se de um tema sociocientífico barragens de rejeito, fomentando o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa e crítica.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Problematizar a hidrostática em questões sociais e científicas mediante pesquisas relacionadas com o tema barragens de rejeito;

b) Desenvolver uma proposta de sequência de ensino teórica prática à aprendizagem significativa crítica, com a temática das barragens facilitando a visualização e a compreensão de conceitos utilizados no conteúdo de Hidrostática por meio de experimentos e atividades teóricas potencialmente significativas.

c) Verificar a evolução da aprendizagem dos estudantes sobre os conteúdos abordados tendo atenção em relação à ocorrência da aprendizagem significativa crítica.

## 2 QUADRO TEÓRICO

### 2.1 Aprendizagem Significativa

David Ausubel foi um psicólogo, educador e pesquisador que trabalhou na área das aprendizagens. Nasceu em 25 de outubro de 1918, em *Nova York* (EUA), e faleceu em 2008. Esse autor foi bastante influenciado pelas ideias do biólogo suíço Jean Piaget, autor de grande influência no campo educacional. Ambos não verificavam efetividade na aprendizagem por memorização/repetição, e, com base nesta constatação, o autor Ausubel contribuiu para a área da educação com sua teoria, na qual o objetivo principal é a aprendizagem significativa.

Segundo Moreira, (2010, p.10) essa forma de aprender caracteriza-se pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio dos alunos. A ideia é trazer mais estabilidade, riqueza e diferenciação a esse conhecimento inicial, enquanto o novo adquire mais significados. Em sua teoria, a aprendizagem ocorre quando o assunto possui importância para o estudante e quando esse possui certo conhecimento anterior ao ensino.

(...)o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos. David Ausubel já nos chamava atenção para isso em 1963. Hoje, todos reconhecemos que nossa mente é conservadora, aprendemos a partir do que já temos em nossa estrutura cognitiva. Como dizia ele, já nessa época, se queremos promover a aprendizagem significativa é preciso averiguar esse conhecimento prévio e ensinar de acordo.” (MOREIRA, 2010, p.4)

Há de se ressaltar ainda a colocação de um importante conceito definido pelo termo de subsunçor, ou ideia-âncora, dentro da teoria de aprendizagem significativa. Nessa lógica, enquanto o conhecimento prévio abrange aspectos mais amplos sobre a proposta de ensino, o subsunçor já decorre com mais especificidade e expressão. Isto é, o subsunçor pode ser considerado como um modelo mental, uma representação social, proposições, ideias, além de conceitos.

Portanto, o estudante, já possuindo o conhecimento prévio e percebendo a relevância do que está aprendendo, tende, com maior probabilidade, a se motivar e a ser proativo no processo de aprendizagem. A motivação gerada caracteriza a

predisposição para aprender e, a fim de atingi-la, necessita-se de ambiente propício para que tal comportamento seja estimulado.

De acordo com Moreira (2010, p.5), é o estudante que constrói e produz seu conhecimento, de modo que ele deve fazer uso dos significados que já internalizou para poder captar o sentido dos novos materiais educativos. Sendo, portanto, um agente ativo e não apenas um receptor passivo. Ele reorganiza seu aprendizado baseado nas semelhanças e diferenças dos conceitos explanados/desenvolvidos, integrando e ao mesmo tempo modificando sua estrutura cognitiva.

Na aprendizagem mecânica, apesar de muitas transformações e reflexões na área do ensino, ainda possui presença considerável, percebe-se a pouca interação do estudante na evolução progressiva de sua aquisição de conhecimentos, e o pouco espaço fornecido para ocorrer esse comportamento atuante. Nessa condição, a simples memorização das novas informações ocorre de forma arbitrária, literal e não significativa, servindo apenas para “passar” nas avaliações. Em contrapartida à aprendizagem significativa, a mecânica apresenta pouca retenção, já que não requer compreensão e não oferece suporte para situações novas. (MOREIRA, 2010, p.5)

Para evitar o ensino mecânico e atingir a aprendizagem significativa, Ausubel condiciona em sua teoria os princípios programáticos facilitadores, bem como elenca termos de importantes significados como: conhecimentos prévios e subsunçores, organizadores prévios, material potencialmente significativo e predisposição para aprender; facilitando, desse modo, a possível implementação nos centros de ensino.

O subsunçor, citado anteriormente, é o construto básico dentro da abordagem de Ausubel. Quando não temos a presença de subsunçores deve-se desenvolver o chamado organizador prévio que é um recurso precedente, mais abrangente, mais geral e mais inclusivo do que o material de aprendizagem. Além de suprir a deficiência do subsunçor, os organizadores são usados para mostrar relação e discriminação entre os conhecimentos que serão abordados posteriormente. (MOREIRA, 2010)

Em relação aos princípios programáticos, Ausubel estabelece quatro: a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a organização sequencial e a consolidação. Os dois primeiros são processos da dinâmica da estrutura cognitiva, a diferenciação é o princípio no qual as ideias e os conceitos mais gerais e inclusivos da matéria de ensino devem ser devidamente apresentados no início da instrução e,

progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. (MOREIRA, 2010)

Já na reconciliação integrativa, conforme Moreira (2010), propõe-se explorar, explicitamente, relações entre conceitos e proposições, assim como chamar atenção para diferenças e similaridades relevantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. A organização sequencial consiste na programação do conteúdo para fins instrucionais, ou seja, sequenciar tópicos ou unidades de estudos de maneira tão coerente quanto possível, já que há naturalmente a dependência das matérias de ensino entre si. Por fim a consolidação assegura a fixação do conteúdo com alto êxito na aprendizagem, é o domínio do que foi ou está sendo estudado antes de avançar nos ensinamentos.

## **2.2. Aprendizagem Significativa Crítica**

São perceptíveis as rápidas e drásticas mudanças nestes tempos. As produções de conhecimentos e desenvolvimentos tecnológicos crescem exponencialmente, enquanto que o ensino está estagnado nas instituições, que além de não se atualizarem com tais avanços, precisam enfrentar situações negacionistas contestadoras de conhecimentos científicos já estabelecidos, que geram em muitas pessoas o sentimento de retrocesso. Conforme Moreira (2010, p.2), “a aprendizagem deve não ser só significativa, mas também crítica. Sendo uma estratégia necessária para sobreviver na sociedade contemporânea”.

É por intermédio dessa abordagem crítica que o estudante saberá lidar com a real instabilidade dos tempos atuais de forma construtiva, sem ser dominado por tecnologias, sendo protagonista ao lidar com o alto número de informações que o rodeiam sem se deixar levar pela superficialidade, selecionando a velocidade desse fluxo que o atinge. Assim, o estudante torna-se membro de sua cultura, sem ser escravo de seus ritos, mitos e ideologias. Na citação de Ostermann (1999, p. 267)

É fundamental também despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. Além disso, uma boa formação científica faz parte de um pleno exercício da cidadania. (OSTERMANN, 1999, p. 267)

Sendo o estudante o ator principal na sua aprendizagem, esse deve estar ciente da importância da sua participação por estar em um meio social e coletivo. Estando ativo nas questões que o influenciam, ou possam a vir influenciá-lo no seu universo.

De acordo com Moreira (2010, p.9)

Crítica no sentido de não aceitar, passivamente, quaisquer novos conhecimentos, sejam eles declarativos, procedimentais ou atitudinais. Se o conhecimento humano é construído, não há porque aceitá-lo sem criticidade. Esse conhecimento poderá ser substituído por outro melhor, poderá ter interesses comerciais ou ideológicos subjacentes, etc. Isso não significa negá-lo, não significa que tudo vale. Ao contrário, o conhecimento construído pelo homem pode ser genial, frutífero, trazer benefícios sociais, mas não é definitivo, não pode ser aceito acriticamente. (MOREIRA, 2010, p.9)

Para poder aproximar-se da aprendizagem significativa crítica, Moreira (2010) sugere alguns Princípios Facilitadores listados abaixo:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.)

O uso do conhecimento prévio, utilizando subsunçores adequados pelo estudante, é de extrema importância para que ocorra a aprendizagem significativa e a aprendizagem significativa crítica. A verificação dos significados captados e internalizados dos alunos, socialmente construídos e dentro do contexto de melhor aceitação, faz-se necessário para que um novo saber seja aprendido e tenha maior possibilidade de ser efetivo ou próximo do efetivo.

(...) para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante. (MOREIRA 2010, p.08 – Aprendizagem Significativa Crítica)

Assim, a estratégia de ensino dos professores deve levar em consideração o que os discentes sabem e não os tratar como sujeitos destituídos de informações.

2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.)

Quando o ser humano, ao indagar sobre algum assunto com postura ativa e utilizando seus conhecimentos prévios de modo não arbitrário, aproxima-se ele da obtenção da aprendizagem significativa crítica e tende a atingir maior eficiência na aquisição de novos conhecimentos. Uma vez que se aprende a formular perguntas relevantes, apropriadas e substantivas, aprende-se a aprender e ninguém mais pode impedir-nos de aprendermos o que quisermos" (MOREIRA 2010, p.09 – Aprendizagem Significativa Crítica)

Deve-se, portanto, haver considerável interação entre estudante e professor envolvendo troca de perguntas ao invés de apenas pontuar respostas, muitas vezes prontas, como é perceptível no ensino tradicional.

3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.)

Materiais diversificados como artigos científicos, notícias midiáticas, obras de artes, poesias, dentre outros, podem contribuir, desde que devidamente analisados e selecionados, com a aprendizagem significativa crítica. Logo, o conhecimento não se encontra centralizado apenas no livro didático, e seus exemplos, mas também em outros meios e formas de comunicação.

4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.)

Para perceber o mundo usamos nossa rede sensitiva, formados pelos cinco sentidos humanos. Enviando sinais para o cérebro onde montamos, de certa forma, um modelo mental que melhor se adequa à representação real do que foi percebido, análogos estruturais de estados de coisas do mundo. Devemos, a partir disso, tratar o aprendiz como um perceptor/representador, o qual, usando seus conhecimentos prévios decide como representar em sua mente a situação proposta, ou percebida, “funciona”. Esses modelos mentais, na maior parte das vezes, apenas irão mudar quando deixarem de “operar” mediante a novas informações observadas que as tornem falsas.

5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.)

Linguagem é parte fundamental para que haja comunicação, durante o processo de ensino-aprendizagem, entre as partes que tentam interagir, como o professor e o estudante, e pode ocorrer de diferentes formas: signos, sons, imagens, palavras, procedimentos, dentre outros. Aprender essa nova linguagem de maneira crítica se faz essencial para uma nova forma de perceber o mundo. Buscando a facilitação da aprendizagem por meio de interações sociais, questionamentos e assimilação de significados, e por meio da linguagem humana, estará mais próximo o estudante em atingir a aprendizagem significativa crítica.

6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.)

(...) na medida em que o aprendiz desenvolver aquilo que chamamos de consciência semântica (o significado está nas pessoas, as palavras significam as coisas em distintos níveis de abstração, o significado tem direção, há significados conotativos e denotativos, os significados mudam)., a aprendizagem poderá ser significativa e crítica, pois, por exemplo, não cairá na armadilha da causalidade simples, não acreditará que as respostas tem que ser necessariamente certas ou erradas.” (MOREIRA 2010, p.13 – Aprendizagem Significativa Crítica)

Em relação ao significado estar nas pessoas, o educando deve querer e ter condições para atribuir significados às palavras que previamente estarão contidas em seus subsunçores. Significados além da sua experiência, a falta de motivação ou a distrações durante o processo e aquisição de conhecimento, podem levar a uma aprendizagem não significativa.

As palavras significam as coisas em distintos níveis de abstração. As palavras representam as coisas, mas não são as coisas, e é observável que os significados das palavras mudam à medida do tempo, pois o mundo está mudando tanto social como tecnologicamente.

Algumas palavras são mais abstratas ou gerais, outras são mais concretas ou específicas. Relacionado com isto está o que se pode chamar de direção do significado: com palavras cada vez mais abstratas ou gerais, a direção do significado é de fora para dentro, mais interna, subjetiva, pessoal, ditos conotativos; com palavras cada vez mais concretas e específicas a direção do significado vai de dentro para fora, objetiva, social. Significados subjetivos, pessoais, são ditos conotativos; significados objetivos, sociais, são

considerados denotativos.” (MOREIRA 2010, p.14 – Aprendizagem Significativa Crítica)

7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.)

O ser humano, antes de conseguir andar com destreza, tomba inúmeras vezes em suas tentativas de aprendizagens em lidar com noções espaciais e de equilíbrio. Esse aprendizado com o “erro” que nos leva a praticar para atingir a melhor performance está presente desde os anos iniciais. À medida que crescemos, e em boa parte do modelo de ensino disponível, é constatado que somos obrigados a obter o acerto desconsiderando aquele processo inicial. A falta de exatidão neste processo nos leva a ser punidos das mais diferentes formas, por exemplo: com nota baixa, alternância de lugar, advertências, etc.

O conhecimento humano é limitado e construído através da superação do erro. O método científico, por exemplo, é a correção sistemática do erro. Basta dar uma olhada na história da ciência. Claro, sabemos coisas, mas muito do que sabemos está errado, e o que o substituirá poderá também estar errado. Mesmo aquilo que é certo e parece não necessitar correção é limitado em escopo e aplicabilidade (POSTMAN, 1996, p. 69, apud MOREIRA 2010, p.13 – Aprendizagem Significativa Crítica)

Objetivando a aprendizagem significativa crítica, a busca e verificação de erros em situações e problemas pelos estudantes, e considerando a capacidade de autocorreção, torna-se amplamente efetiva. Construimos um modelo mental inicial e o corrigimos, repetidamente, até que alcancemos funcionalidade que nos melhor representa a realidade. Aprender a aprender é aprender criticamente analisando certezas e erros, tendo este último como natural, e aprendendo mediante superação.

8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.)

É devida à desaprendizagem em determinados casos que o conhecimento prévio (subsunçor) não satisfaça a captação dos significados do novo conhecimento. O desaprender não significa esquecer-se de algo ou apagar algum conhecimento existente contido no sujeito-estudante, mas sim não utilizá-lo. Um exemplo ocorre no ensino da Teoria da Relatividade, ou da Mecânica Quântica, em que muitos

aprendizes demonstram dificuldades por estarem “fixos” em conceitos da Mecânica Clássica, não conseguindo desaprender e compreender novos significados.

Aprender a desaprender, é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, desaprendê-lo. Aprendizagem desse tipo é aprendizagem significativa crítica. Sua facilitação deveria ser missão da escola na sociedade tecnológica contemporânea. A segunda razão pela qual é importante aprender a desaprender está relacionada com a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida transformação. (MOREIRA 2010, p.15 – Aprendizagem Significativa Crítica)

9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.)

Com relação bem próxima aos outros princípios, ainda mais com aqueles que envolvem linguagens, este princípio nos chama a atenção para observar como a linguagem humana forma nossa visão de mundo. Para Postman (1996, p. 175, apud MOREIRA, 2010), definições, perguntas e metáforas são potentes elementos na interpretação da construção que fazemos da natureza.

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana. (MOREIRA 2010, p.16 – Aprendizagem Significativa Crítica)

Definições de símbolos e palavras são essenciais à formação da linguagem, lembrando que desde que saibamos que são representações das coisas. Quando maior o “catálogo” dessas definições, melhor poderemos interpretar o universo. Metáforas, como a que alguns livros relacionam a estrutura de um átomo com o sistema solar por terem certas semelhanças. Contudo, conforme bem se sabe, os elétrons não são planetas, e sim facilitam a comunicação e o entendimento.

10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.)

Complementar ao terceiro princípio, o uso de distintas estratégias de ensino que buscam a proatividade do estudante para facilitar a aprendizagem significativa

crítica se faz necessária. Atividades em grupos, seminários, pesquisas, discussões, projetos, etc.; diversificam os modos de possíveis aprendizagens ao atingir, de certa forma, todos os estudantes, e reduz a mesmice do uso do quadro que colabora para a aprendizagem mecânica.

11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

Para sair do esquema bastante enraizado em que o docente, com sua verdade quase que absoluta, ensina utilizando narrativa e quadro de giz sem praticamente nenhuma, ou nenhuma, participação do discente. Este princípio do abandono da narrativa posiciona o estudante no centro de sua aprendizagem com maior participação, falando mais, e torna o professor um mediador nessa construção narrando menos e criando estratégias que facilitem o aprendizado significativo crítico do estudante.

Ensino centrado no aluno tendo o professor como mediador é ensino em que o aluno fala mais e o professor fala menos. Deixar o aluno falar implica usar estratégias nas quais os alunos possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. (MOREIRA 2010, p.18 – Aprendizagem Significativa Crítica)

Desse modo aumentam as interações entre os integrantes dos grupos por meio de discussões, negociações de significados, críticas construtivas, etc.

### 3 BARRAGENS DE REJEITOS

Barragens de rejeitos são estruturas complexas que servem como grandes reservatórios para resíduos sólidos e água, obtidos do processo de extração de minérios. Por não ter reutilização, reciclagem e ser de baixo valor econômico, devem ser devidamente armazenados por propiciar severos danos para o meio ambiente. A retenção do rejeito não é simples, e vários fatores necessitam ser considerados para que ocorra a adequada retenção como: caracterização físico-químicos do conteúdo, análises geológicas, análises geotécnicas de materiais, análises topográficas e de parâmetros hídricos etc.

De acordo com Soares (2010 p.862)

Os estudos das áreas de interesse à implantação de uma barragem exigem levantamentos de dados básicos à caracterização adequada do local. O desenvolvimento das atividades de campo deve ser precedido de: (i) mapas e relatórios diversos; (ii) elementos topográficos; (iii) perfis dos rios; (iv) geologia e geotecnia. (v) trabalhos de planejamento e organização de rotinas; (vi) coleta de dados e informações nas instituições públicas de controle - DNPM, CPRM, ANA, IBAMA, Ministério da Agricultura, Serviço Geográfico do Exército, etc. (SOARES, 2010, p.862)

Mesmo barragens a montante, são opções seguras e adequadas para disposição de rejeitos quando tendo rígido monitoramento, respeito aos parâmetros de segurança e devidas simulações, em especial as climáticas. Resumindo, trata-se de um projeto multidisciplinar.

Sobre rejeitos, relacionados à indústria mineral, podemos definir simplificadaamente como mistura de rocha fragmentada, esmigalhada, e fluídos do processo de beneficiamento. Que segundo LUZ, A. B. e LINS, F. A. F. (2010 p.03)

Tratamento ou Beneficiamento de Minérios consiste de operações – aplicadas aos bens minerais – visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem contudo modificar a identidade química ou física dos minerais. Há autores que defendem um conceito mais amplo para o tratamento de minérios, como sendo um processamento no qual os minerais podem sofrer até alterações de ordem química, resultantes de simples decomposição térmica ou mesmo de reações típicas geradas pela presença do calor. (LUZ, A. B. e LINS, F. A. F. (2010 p.03)

Apresentando, assim, característica física de granulometria fina e composição química dependente da composição da rocha de origem e dos reagentes utilizados no processo. Ressalto que outros tipos de rejeitos também são produzidos por atividades industriais, urbanas e de usinas como as nucleares; também devendo ser condicionados em locais específicos.

Os tipos mais tradicionais utilizados nas construções de barragens são os de terra compactada, pela utilização do material estéril, que são os materiais escavados e gerados pelas atividades de extração dos minerais, ou pelo próprio rejeito. Essas estruturas devem obedecer às exigências de proteção ambiental e de segurança. É importante que o projeto seja continuado, isto é, constantemente fiscalizado e aprimorado mediante novas tecnologias. Dessa forma, todos os rejeitos gerados no processamento, estariam em locais de maior segurança e assim minimizariam os riscos de acidentes. Também o reaproveitamento, recuperação e introdução da água nas minas e da usina de concentração é importante tanto quanto a futura possibilidade de reaproveitamento do conteúdo represado. Os avanços tecnológicos e a escassez de bens minerais poderão viabilizar a reutilização.

Contudo, o procedimento sendo de melhor controle acarreta em um aumento do custo de produção sem trazer benefícios imediatos para a empresa mineradora. A opção de redução no controle de fiscalização das barragens de rejeitos representa aumento nos lucros da empresa, porém é crescente o risco de acidente.

Abaixo, de acordo com Soares (2010 p.833), constam alguns acidentes ocorridos em barragens de contenção de rejeitos, nos quais se observam os danos materiais ocasionados e associados para a perda de vidas humanas

1965 El Cobre/Chile (Terremoto/liquefação) - 210 vítimas, soterramento do povoado.

1970 Maline Mine/África (Não definida) - 89 vítimas – 453.000 m<sup>3</sup> de rejeitos saturados.

1972 Buffalo Creek/West Virginia(EUA) - 110 mortos, 1.100 feridos, 1.500 casas destruídas e 595.000 m<sup>3</sup> de lama.

1974 Impala Platinum/África do Sul – (Entubamento(piping) -12 vítimas e 3 milhões m<sup>3</sup> de lama fluíram por 45 km, destruindo estradas e soterrando reservatório de água potável.

1985 Prealpi/Trento(Itália) (Material de construção precário) - 200.000 m<sup>3</sup> de rejeitos e 268 vítimas.

1985 Cerro Negro/Chile (Sismo induzido à liquefação) - Lama dos rejeitos fluiu até 85 km – Barragem a jusante.

1985 Pico S.Luiz/Minas Gerais (Solapamento do pé do aterro e entubamento) - Lama fluiu até 10 km/barragem a jusante, com pontes e estrada de ferro foram destruídas.

1986 Fernandinho/Itaminas (MG) (Liquefação) - 4 vítimas e destruição de laboratórios e equipamentos.

1996 Mina do Porco/Bolívia (Entubamento/piping) - 3 vítimas e contaminação em fazendas, gado, rio, flora e fauna; por 300 km .

2015 Mariana/MG (Estrutura precária devido a infiltração e entubamento) .- 43,7milhões de metros cúbicos de rejeitos despejados no meio ambiente e um total de 19 mortes.

2019 Brumadinho/MG (Liquefação) - 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos, 242 mortes e outras 20 pessoas que ainda seguem desaparecidas.

Liquefação e entubamento, segundo Arnez, 1999 apud Soares (2010 p.833), são as duas maiores ocorrências em rompimentos de barragens de rejeitos, apontadas por diversos profissionais do meio geotécnico. Liquefação é infiltração de água, tanto no rejeito quanto na barragem, tornando a pressão do rejeito maior e a resistência da barragem menor. Já o Entubamento (ou piping) é entupimento dos filtros, ou canos de drenagens, devido à força peso exercida pelas estruturas como a lama. Nestes dois fenômenos, as barragens alteadas <sup>1</sup>a montante se encontram em situação desfavorável em comparação com os outros métodos de alteamentos.

### **3.1 Tipos de Barragens de Rejeitos**

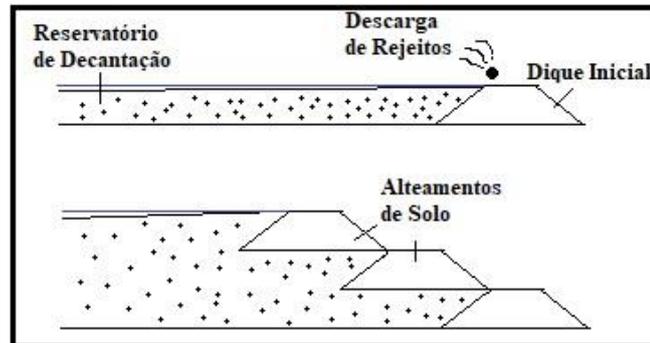
#### **3.1.1 Método da Linha de Montante**

Constrói-se um dique inicial e são lançados os rejeitos que servirão de base para o próximo alteamento de solo. É necessário, para haver esse novo alteamento é necessário que o rejeito contenha de 40% a 60% de areia.

---

<sup>1</sup> À medida que o reservatório enche, novas camadas de barragens são construídas. (alteamento)

Figura 1 - Sequência de alteamento de barragens de rejeito pelo método de montante.



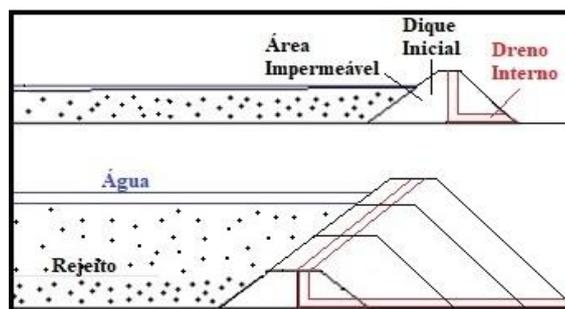
Fonte: Acervo do autor.

As vantagens do método a montante: menor custo de construção, maior velocidade de alteamento, menores volumes na etapa de alteamento, pouco uso de equipamentos de terraplanagem. As Desvantagens seriam: menor coeficiente de segurança há possibilidade de ocorrer entubamento, resultando no surgimento de água na superfície do talude<sup>2</sup> de jusante, há o risco de ruptura provocado pela liquefação da massa de rejeitos, por efeito de sismos naturais ou mesmo vibrações causadas por explosões ou movimentação de equipamentos.

### 3.1.2 Método da Linha de Jusante

Constrói-se um dique inicial, impermeável, em geral feito de material argiloso e compactado. Para tal, a linha do centro da barragem, se desloca a jusante durante os processos de alteamentos. O dique inicial deve ter drenagem interna (filtro vertical). Neste método somente os rejeitos grossos são utilizados no alteamento e a barragem pode ser projetada para ter altura grande. A cada alteamento o sistema de impermeabilização e de drenagem estará presentes.

Figura 2 - Sequência de alteamento da barragem pelo método de jusante.



Fonte: Acervo do Autor

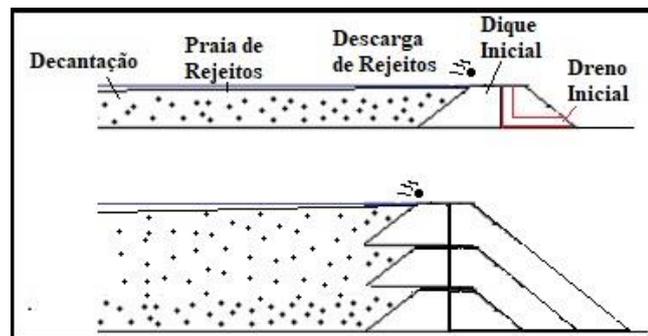
<sup>2</sup> Terreno inclinado que serve como base de sustentação ao solo.

As vantagens deste método são: maior segurança por alteamento controlado, menor probabilidade de entubamento e de rupturas horizontais, em consequência da maior resistência ao cisalhamento, maior resistência a vibrações provocadas por sismos naturais e vibrações em razão do emprego de explosivos nas frentes de lavra, instalação de sistema de drenagem e impermeabilização, à medida que se processa o alteamento. As principais desvantagens do método são: custo mais elevado, maior volume de material a ser movimentado e compactado, menor velocidade de alteamento da barragem; requer o emprego de hidrociclones<sup>3</sup> e requer a construção de dique a jusante para contenção dos materiais do fluxo de baixo (*underflow*).

### 3.1.3 Método da Linha de Centro

Constrói-se um dique inicial, com drenagem interna, com os rejeitos são lançados a montante do mesmo, em forma de praia (ou seja, o mesmo formato do montante). O alteamento terá parte de sustentação sobre o rejeito e maior parte sobre o dique anterior (abaixo).

Figura 3 - Sequência de alteamento pelo método de linha de centro



Fonte: Acervo do Autor

As vantagens desse método: facilidade construtiva, o material para o alteamento pode vir de áreas de empréstimo, estéril ou do *underflow* (fluxo de baixo) dos hidrociclones; e permite o controle da linha freática no talude de jusante. As desvantagens são: área a montante é passível de escorregamentos, há necessidade do uso de hidrociclones e não permite tratamentos da superfície do talude de jusante.

<sup>3</sup> Equipamento para separar sólidos de líquidos através da força centrífuga

Fazendo relação com conceitos de hidrostática, utilizar dados de barragens como: altura, volume de rejeitos, densidades de rejeitos e altitude; em exercícios teóricos e matemáticos está de acordo com os objetivos do produto. Sendo a densidade a relação entre a massa e o volume de um material, em determinada temperatura e pressão, e a pressão em líquidos a relação entre a densidade do líquido com a aceleração gravitacional local e a altura da coluna deste líquido, pode-se exemplificar situações envolvendo barragens existentes a fim de se aproximar da aprendizagem significativa crítica.

As barragens de terra, segundo Meireles, F. S., p.10, apud Schoklitsch (1946), podem atingir até 100m desde que as condições geológicas do terreno e os custos envolvidos sejam compatíveis. Já as densidades dos rejeitos dependem dos elementos a serem extraídos, possibilitando certo espaço para o uso da tabela periódica em aula.

## 4 HIDROSTÁTICA

A Hidrostática é a área que estuda o comportamento dos fluidos em equilíbrio. A palavra, que possui origem na Grécia, significa: *Hidro* (água) e *Stática* (estático, parado). Este termo que, provavelmente tenha sido criado por Arquimedes em seus estudos sobre empuxo, embora se refira à água, é utilizado para a estática de todos os fluídos. Muitos exemplos estão envolvidos nessa área como questões envolvendo caixa d'água, barragens hídricas, barragens de rejeitos, mergulhadores, astronautas, montanhistas, etc.; relacionando com as grandezas presentes no estudo da hidrostática como: pressão, densidade, aceleração gravitacional local, massa e volume; e se relacionam com as equações a seguir.

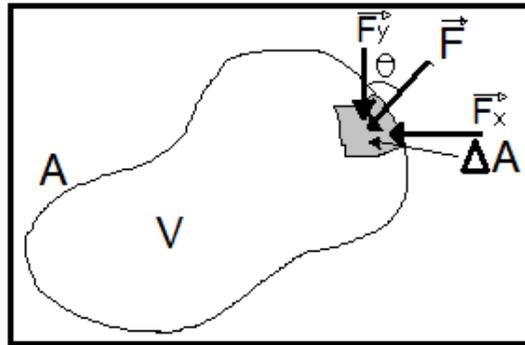
### 4.1 Propriedades dos Fluidos

Líquidos e gases são considerados fluidos por possuírem a característica de escoar, de fluir com facilidade. Líquidos possuem volume bem definidos, mas sua forma é indefinida. Acabam, portanto, adquirindo a forma do recipiente em que forem colocados. Gases já não possuem volume e nem forma definidas. Já os sólidos são corpos rígidos ocupando volume e forma bem definidos.

Segundo Nussenzveig (1997, p.01), "Líquidos e gases, graças à facilidade de deformação, possuem a propriedade de escoar ou fluir com facilidade, donde o nome de Fluidos." Outra característica dos fluidos, diferentes das características de sólidos, é de não haver equilíbrio quando uma força tangencial atuar sobre ele e suas moléculas, e/ou átomos, permanecendo em movimento enquanto estiver sendo exercida essa ação. Em fluidos reais, então podemos verificar certa resistência ao deslizamento nas camadas adjacentes. Esse atrito interno é utilizado para medir a viscosidade do fluido. Quanto mais lento é o escoamento de um fluido maior será sua viscosidade, comparando com outros fluidos em condições iguais.

### 4.2 Pressão em Fluidos

A grandeza pressão, em sólidos, é a força exercida em determinada área de contato. Sendo  $(\hat{n})$  o vetor unitário da força normal que atua perpendicularmente na área  $\Delta A$ , obteremos a expressão matemática da pressão.



Fonte: Acervo do autor

Imagine uma força ( $F$ ) qualquer sendo exercida em um elemento de fluido, como na imagem acima. Considere a força  $F^{\rightarrow}$  sendo aplicada. Essa força gera dois comportamentos no elemento de fluido. Parte dela é responsável pelo cisalhamento  $F_x = |F|\sin(\theta)$  e a outra parte é a responsável pela compressão:  $F_y = -|F|\cos(\theta)$ . Por fim, a pressão ( $p$ ) se relaciona com  $F_y$  e com a área onde a força está sendo aplicada ( $\Delta A$ ) da seguinte forma:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta F_y}{\Delta A} \right) \rightarrow p = - \frac{dF_y}{dA} \quad (\text{Por definição})$$

A pressão, por definição, é positiva. O sinal negativo antes da derivada uma vez que  $F_y$  era negativa, pelo referencial escolhido (eixo  $y$ ).

Utilizando o módulo diretamente proporcional a força aplicada e inversamente proporcional à área de contato. Em fluidos contidos em um recipiente e em repouso a mesma relação pode ser utilizada. Desse modo, podemos definir a pressão que uma força infinitesimal  $dF$ , perpendicular à área, exerce sobre uma determinada área infinitesimal  $dA$ .

$$p = \frac{|dF|}{|dA|} \quad (4.1)$$

Quando a pressão for a mesma em todos os pontos de uma superfície plana de área  $A$ , então:

$$p = \frac{F}{A} \quad (4.2)$$

### 4.3 Densidade( $\rho$ )

Nos livros didáticos, em geral, a expressão densidade é definida por “massa” por “volume”. Todavia, aqui irei me referir ao volume como “elementos de volumes infinitesimais” de um fluido  $\Delta V = \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$ . Mas até que ponto esses infinitésimos devem ser para estarem de acordo com a definição de densidade?  $\Delta x \Delta y \Delta z$  devem ser maiores que as distâncias interatômicas, evitando assim interações de nível quântico que não permitiriam a continuidade de “fluidez”, e bem menores que as distâncias macroscópicas. Assim,  $\Delta V$  irá conter grande número de átomos. Um exemplo, para satisfazer as condições de “fluidez” mencionadas acima, seria a forma de um cubo de aresta  $10^{-5}m$  que pode ter aproximadamente  $3 \times 10^{10}$  moléculas de ar.

Após a definição do volume infinitesimal, imaginaremos uma quantidade de fluido com determinada massa  $\Delta m$  ocupando esse  $\Delta V$ . Assim poderemos definir a densidade( $\rho$ ) do fluido nesse espaço:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta m}{\Delta V} \right) = \frac{dm}{dV} \quad (4.3)$$

A unidade de densidade no Sistema Internacional de medidas (SI) é  $Kg/m^3$ .

Quadro 1 – Demonstração de Transformação de Unidades

Observação: Transformando  $1 g/cm^3$  em  $kg/m^3$ :

$$1 g/cm^3 = ? kg/m^3 \Rightarrow \frac{1 \times 10^{-3} kg}{1 \times 10^{-6} m^3} \Rightarrow 1 \times 10^3 kg/m^3$$

Fonte: Acervo do Autor

### 4.4 Equilíbrio Estático em um Fluido

O equilíbrio estático de um fluido se dará quando o resultado do somatório de todas as forças que agem em cada parte infinitesimal do fluido for igual a zero. As forças atuantes serão ou volumétricas (de longo alcance) ou superficiais, as quais foram analisadas brevemente acima (Pressão em um Fluido). A força volumétrica gravitacional atua em todas as porções de fluido, de tal forma que a força resultante em um infinitésimo de volume é proporcional ao volume. Assim, a força que age

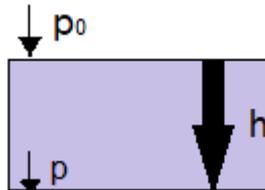
sobre um elemento do volume em torno de um ponto no interior do fluido de densidade  $\rho$ , é

$$\Delta \vec{F} = \Delta m \cdot \vec{g} = \rho \cdot \Delta V \cdot \vec{g} \quad (4.4)$$

Substituindo (4.4) em (4.2)

$$p = \frac{\rho \cdot \Delta V \cdot g}{\Delta A} = \rho \cdot \Delta h \cdot g \quad (4.5)$$

Assim, teremos a expressão da pressão para fluidos homogêneos. E quando levamos em consideração a pressão atuante atmosférica, na figura abaixo obteremos a lei de Stevin.

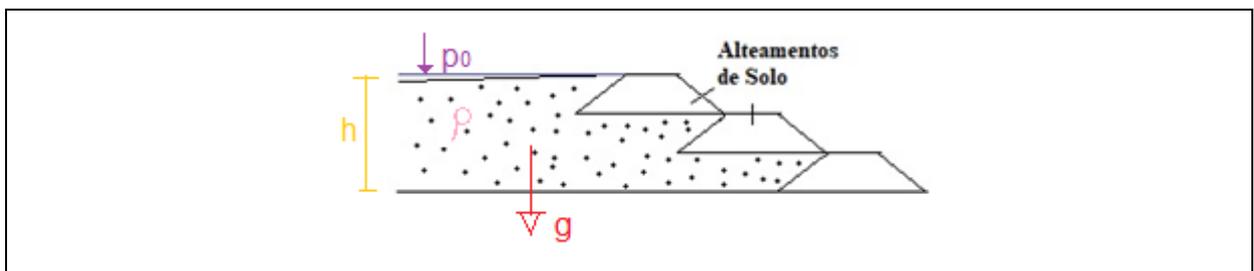


(Pressão total em um fluido homogêneo) Fonte: Acervo do autor

$$p = p_0 + \rho \cdot \Delta h \cdot g \quad (4.6)$$

Sendo a pressão atmosférica  $p_0 = 1.10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ atm}$

Na barragem de rejeito, tratando de forma simplificada para o ensino médio, encontraremos diversas densidades ( $\rho$ ) de rejeitos que dependerão do elemento extraído, diversas alturas ( $\Delta h$ ) de barragens e de colunas de fluidos, a pressão atmosférica e a aceleração gravitacional que estarão atuantes por um bom tempo ainda.



(Pressão total em rejeito representado, simplificada, como homogêneo) Fonte: Acervo do autor

## 5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

### 5.1 Momento Atual

Antes de entrarmos em definitivo na metodologia, atente-se para o momento pandêmico em que estamos vivenciando, originado pelo vírus *Sars-CoV-2* e suas variantes. O método de Ensino Remoto Emergencial (ERE), cujo produto no início possuía sua utilização, foi a escolha utilizada pela Secretaria de Educação (SEDUC) do estado do Rio Grande do Sul nessa grave situação. Após aproximadamente um ano e meio, por determinação repentina do Governo do Estado e da Secretaria da Educação passou-se a ser utilizado o sistema de ensino híbrido.

Em salas de aulas contendo de 10 a 15 alunos presenciais, devido espaço físico das salas por conta dos protocolos de distanciamento, e o restante da turma em ensino remoto, a relação da docência se tornou ainda mais desafiadora. Nesse sistema híbrido, houve redução no tempo de aula para apenas um período semanal de aproximadamente 45 minutos, ocasionando significativa alteração em algumas atividades, tornando-as assíncronas. A implementação do produto foi realizada em uma turma com 33 estudantes moradores de diversas regiões próximas e cursando o segundo ano do Ensino Médio, na E.E.E.M. Ildefonso Simões Lopes (Osório - RS).

Algumas dificuldades foram encontradas no decorrer da implementação do produto, podendo ser citados: o início pouco organizado do sistema híbrido, a não adaptação em tempo dos recursos para o funcionamento estável da internet, as emoções vivenciadas pelos estudantes após aproximadamente um ano e meio longe da escola, o desrespeito aos protocolos de prevenção à COVID-19, o surgimento de desentendimentos entre os estudantes presenciais e do ERE, a desorganização pessoal em relação ao estudo. Em relação ao primeiro ano de pandemia, pode-se dizer que ficaram lacunas no ensino, ilustradas nas dificuldades em aprender com a nova metodologia apresentada pelo produto em virtude de estarem familiarizados com o ensino tradicional, e a falta de alinhamento nos saberes por morarem e terem estudados em regiões diferentes.

Escolher barragens de rejeitos no Brasil, tomando como tema sociocientífico, o qual abrange aspectos sociais relacionadas a conhecimentos científicos atuais, justifica-se devido aos acontecimentos ocorridos em Minas Gerais, onde houve dois rompimentos graves em barragens de rejeitos que ocasionaram amplos desastres

ambientais e humanos. A proposta deste produto, então, é relacionar esses eventos com o ensino de Hidrostática para o nível médio, por meio de uma Sequência Didática para a obtenção mais efetiva da Aprendizagem Significativa Crítica. Assim, o estudante terá aumento em seu conhecimento, melhor argumentação, estímulo no aprender a aprender, encorajamento a aprender a questionar, incentivo à formação de opinião com mais elementos “verídicos” e a reconhecer-se inserido no meio social.

## **5.2 Sobre o Produto Educacional**

O cerne do produto consiste numa questão problematizadora sociocientífica, em que o tema dos rompimentos das barragens de rejeitos será relacionado com o conteúdo de física hidrostática, ministrado no segundo ano do Ensino Médio, objetivando que os discentes atinjam proximidade na Aprendizagem Significativa Crítica. Deste modo, o produto foi elaborado com o formato de uma sequência didática composta: por um questionário investigativo de conhecimentos prévios dos discentes, uma atividade de pesquisa guiada de notícias midiáticas relacionadas ao tema barragens de rejeitos, uma produção textual nos moldes de redação argumentativa, uma atividade para construção de equações matemáticas relacionadas à hidrostática por meio de perguntas e diálogos orientadores. Na sequência, houve a fabricação de experimentos concretos e virtuais, em grupos, que integram conceitos físicos e de estruturas das barragens de rejeitos através de tutorial explicativo com assistência de questionários dirigidos; e, para finalizarmos, foi aplicado um segundo questionário, semelhante ao primeiro, com o intuito de averiguar a aprendizagem adquirida pelos estudantes participantes. Cada etapa está, de certa forma, vinculada a pelo menos um dos onze princípios facilitadores que aproximam na obtenção da aprendizagem significativa crítica.

Essas atividades estão organizadas ao longo de cinco aulas e três atividades assíncronas, conforme o Quadro Organizacional das Aulas a seguir. Já o material utilizado pode ser acessado no APÊNDICE I.

Quadro 2 – Quadro Organizacional das Aulas

Aula ou Atividade	Atividades desenvolvidas	Princípios Facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica
Aula I (Síncrona)	Verificação dos conhecimentos prévios através de questionário.	1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos, 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos, 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.
Atividade Domiciliar I (Assíncrona)	Materiais introdutórios potenciais para relacionar as concepções prévias com novos conhecimentos dentro do campo sociocientífico.	2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas; 3. Aprender a partir de distintos materiais educativo; 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade; 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a “sobrevivência”; 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar.
Aula II – Redação (Síncrona)	Construção da redação utilizando-se dos materiais introdutórios.	4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade; 10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino; 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.
Aula III (Síncrona)	Relacionar conceitos e estruturar equações da hidrostática.	1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. 6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são

		instrumentos para pensar. 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.
Aula IV (Síncrona)	Retomada e finalização da Aula III	Idem à Aula III.
Atividade Domiciliar II (Assíncrona)	Em grupo, “fabricação” de experimentos promovendo análise orientada.	3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. 10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.
Aula V (Síncrona)	Apresentação do vídeo/ experimento promovendo breve explicações.	3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. 6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras.
Atividade Domiciliar III (Assíncrona)	Realização do Questionário final	1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos; 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas; 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos; 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.); 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas

		<p>humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.);</p> <p>7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros;</p> <p>8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência.</p> <p>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</p>
--	--	--

Após a verificação dos conhecimentos prévios foi possível traçar certa estratégia para facilitar a comunicação e a aquisição de novos conhecimentos pelos estudantes.

Utilizando mapas dos locais das barragens, notícias, imagens e sugerindo sites de órgãos reguladores relacionados com as barragens; os alunos fizeram o levantamento de pontos favoráveis e desfavoráveis para serem usado na atividade de construção da redação. Assim foi possível tornar os estudantes, em grande maioria, motivados para o aprofundamento de conceitos e formulação das expressões matemáticas. A necessidade de revisão e reforço na parte de exercícios matemáticos nos trouxe um reflexo, já esperado, das dificuldades não supridas pelo ensino fundamental e do descaso com a educação que muitos municípios e o estado demonstraram nesses últimos anos.

Na construção e apresentação dos experimentos e respostas dos questionários orientadores o estudante pode utilizar seus conhecimentos teóricos e matemáticos adquiridos em situações práticas. Reforçando ou oportunizando, de outra forma, a aprendizagem significativa crítica. E através do questionário final, verificar de certa forma os resultados obtidos pela implementação do produto.

### **5.3 Pesquisa e Coleta de Dados**

Utilizando o formato de pesquisa qualitativa, a fim de obter elementos mais precisos, o produto contou com quatro diferentes tipos de instrumentos a serem examinados. A coleta de dados e registros foram feitas no *Google Classroom* e no *Google Forms*. O pesquisador deste trabalho analisou o material produzido, pelos estudantes, os quais foram elaborados nos formatos de: imagens, fotografias, vídeos e redações. A fim de averiguar o desenvolvimento, os questionários - inicial e final -

estão tabulados no programa Excel; as redações e as notícias foram registradas no formato de fotografia no *google classroom*; as equações, construídas durante a aula em seus cadernos, foram visualizadas ao final dos encontros; e os experimentos por vídeos e imagens, postados no *google classroom*. Com a intenção de apresentar o desenvolvimento do produto onde será melhor explorado no capítulo 6,

#### **5.4 Sobre o Software ALGODOO/PHUN**

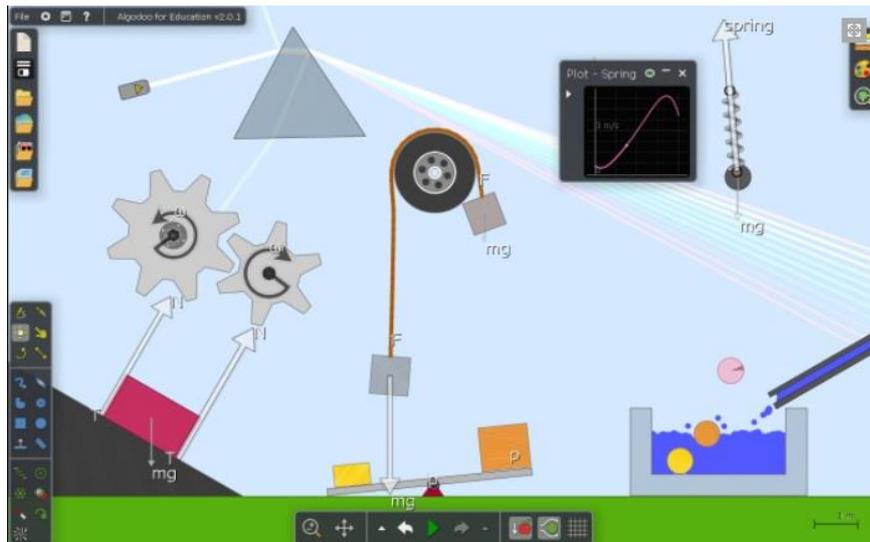
A tentativa de utilização do simulador físico PHUN em aula vem sendo planejada desde 2010. Como o programa necessitava de um equipamento com componentes mais avançados, a intenção ficou guardada, pois sua implementação seria inviável em detrimento das possibilidades financeiras das escolas estaduais em que lecionava e do poder aquisitivo dos alunos e suas famílias. “O ALGODOO/PHUN é um simulador físico 2D gratuito, de fácil manipulação. Com ele é possível criar as mais variadas situações físicas e controlar fatores como densidade, elasticidade, atrito etc.” (Fonte: Materiais Didáticos. SBF, 2022. Disponível em: <<http://sbfisica.org.br/v1/portalpion/index.php/materiais-didaticos/236-phun>> , Acesso em 4/02/2022).

Devido à alteração do modo de ensino presencial ao ensino remoto/híbrido, as construções de barragens experimentais, importantes para o desenvolvimento do produto, e que seriam inicialmente produzidas manualmente em aula, tiveram que serem confeccionadas de outra maneira. Após a verificação de alguns aplicativos de celulares e softwares, o simulador físico virtual escolhido foi o ALGODOO/PHUN, visto que sua análise satisfaz os requisitos necessários na realização dos experimentos e sendo funcional em boa parte dos equipamentos dos estudantes.

Algodoo é projetado de forma lúdica e caricatural, tornando-se uma ferramenta perfeita para criar cenas interativas. Explore a física, construa invenções incríveis, crie jogos legais ou experimente o Algodoo em suas aulas de ciências. A Algodoo estimula a criatividade, a capacidade e a motivação dos próprios alunos e crianças para construir o conhecimento enquanto se divertem. Tornando-o tão divertido quanto educativo. Algodoo também é uma ajuda perfeita para as crianças aprenderem e praticarem física em casa. (Fonte: *What is it*. Algodoo, 2022. Disponível em <http://www.algodoo.com/what-is-it>>. Acesso em 04/02/2022)

O *software* comporta elementos físicos como: fluidos, molas, dobradiças, motores, propulsores, raios de luz, traçadores, lentes, gravidade, atrito, restituição, refração, atração. Ainda se pode visualizar: gráficos, forças, velocidades, momento e componentes angulares nos eixos X/Y.

Figura 4 – Exemplos de Atividades Construídas no *Software* ALGODOO



Fonte: <http://www.algodoo.com/what-is-it> - acesso em 04/02/2022.

Seu uso se deve as suas diversas possibilidades, embora com limitações, de explorar a criatividade na formação de uma barragem. Tanto no uso de materiais quanto no seu formato contendo diversas maneiras de simulações. Pelos relatos, apesar de não ser necessária para a resposta das perguntas, se tornou um atrativo para a resolução das questões.

Certamente poderia ser utilizado com mais proximidade da realidade se tornamos o roteiro mais específico com perguntas como: quais materiais estão mais próximos da localidade da barragem e em maiores quantidades, teste diversos formatos de barragens com esses materiais, coloque pequenos círculos de rocha na água para aumentar sua densidade, etc.

### 5.5 Sobre o Software PhET (*Interactive Simulations*)

Outro simulador utilizado nos experimentos deste produto foi o PHET. Um bom simulador virtual que chegou a ser sugerido para o uso nas aulas remotas do primeiro ano pandêmico.

PhET oferece simulações de matemática e ciências divertidas, interativas, grátis e baseadas em pesquisas. Nós testamos e avaliamos extensivamente cada simulação para assegurar a eficácia educacional. Estes testes incluem entrevistar estudantes e observar o uso de simulação em salas de aula. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas de forma *on-line* ou copiadas para seu computador. Todas as simulações são de código aberto. Vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que estes recursos sejam livres para todos os estudantes e professores. (Fonte: *About. Phet Interactive Simulations, 2022*. Disponível em : [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](https://phet.colorado.edu/pt_BR/about)>. Acessado em 04/02/2022)

As simulações são procedimentos que ajudam no envolvimento do estudante ao proporcionar a investigação científica, fornecendo interatividade e facilitando a visualização experimental. Isto lhes permite investigar as relações de causa e efeito e responder a perguntas científicas através da exploração da simulação.

## 6 AULAS, RELATOS DA APLICAÇÃO E ANÁLISES

### 6.1 Aula I (Síncrona): Verificação Dos Conhecimentos Prévios

Começando a partir do diálogo sobre a importância do tema sociocientífico barragens de rejeitos, de sua relação com a hidrostática e da postura que o aluno deve assumir para que se tenha maior efetividade na aprendizagem e participação em ações sociais de suas localidades.

Os objetivos específicos do estudo justificam-se por favorecer a construção de competências e habilidades necessárias ao exercício da cidadania a partir do tema sociocientífico barragens de rejeitos, averiguando, assim, os desastres no que se refere aos rompimentos das barragens de rejeitos ocorridos em Mariana (MG) e Brumadinho (MG); por fazer levantamento de concepções prévias dos estudantes a respeito destes eventos, e, por fim, verificar os conceitos empregados que estão presentes no conteúdo de hidrostáticas. Segundo Ausubel (1963,2000), citado por Moreira (2010, p.5), “(...)se queremos promover a aprendizagem significativa é preciso averiguar esse conhecimento prévio e ensinar de acordo.”

Fundada no propósito de tornar os estudantes participantes e atuantes em episódios que envolvam a sociedade e evidenciar a importância do conhecimento nesse processo, assim deu-se início à atividade-estudo, partindo da criação de um espaço dialógico, em que perguntas e possíveis hipóteses foram levantadas pelos discentes, com menos participação ativa do docente-pesquisador. Na sequência, uma notícia problematizadora retirada do site do Ibama referente ao rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco em Mariana (MG), foi inserida junto a dez questões, elaboradas para a futura pesquisa qualitativa, envolvendo conceitos de hidrostática e conhecimentos acerca das tragédias, em que a orientação foi responder o que sabem sem a preocupação de acerto/erro. Os princípios facilitados com maior presença para a aquisição da aprendizagem significativa crítica foram: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos, 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas, 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos e 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. O tempo útil da aula foi de 46 minutos pois a organização do horário de lanche dos alunos conduziu-se naquela manhã.

### 6.1.1 Relato da Aula 1:

Essa aula ocorreu após o conselho de classe participativo. Portanto, era notável a agitação da turma com o retorno das atividades presenciais.

Inicialmente, breve diálogo foi feito sobre a importância em se ter responsabilidade e seriedade na execução das tarefas e construção do pensamento que estariam por vir. Salientando também a relevância do levantamento de hipóteses, a importância de se questionar, pensar, repensar, de não ter “medo” de errar, e de valorizar a tentativa de resolução das perguntas.

Em seguida, fez-se a introdução do tema barragem de rejeito e a hidrostática, explicitando que fazia parte do meu objeto de pesquisa de mestrado UFRGS. Bem como os informando que o respectivo tema é de cunho sociocientífico, e que assim como outros temas, encontram-se presentes no nosso cotidiano e requerem estudos de diferentes visões para podermos formar e construir opiniões próprias.

No seguimento da aula, foram expostos brevemente os seguintes passos: os procedimentos e critérios do trabalho proposto, a necessidade de divisão da turma em grupos e a prática do experimentos, já adiantando a eles que a atividade deveria ser realizada com o uso do *software* Algodo/PHUN e .da plataforma PHET. Após, foi disponibilizado um breve canal de comunicação para os estudantes se colocarem no processo, com discussão, colocações e perguntas - e que ocorreu timidamente, sendo com mais vigor pelos alunos do remoto, visto que os presentes estavam retornando naquele momento.

Ao finalizar esse primeiro encontro, foram aplicadas algumas perguntas do questionário inicial a fim de coletar informações sobre os conhecimentos prévios dos estudantes. Devido ao encurtamento do tempo, algumas questões precisaram ser respondidas no modo assíncrono. Outro problema relatado por alguns estudantes do ensino presencial foi a dificuldade para acessar o questionário devido a problemas de conexão com a internet da escola. Logo, apenas 23 estudantes responderam o questionário.

Abaixo temos a imagem da tela inicial do formulário utilizado no encontro e algumas respostas dos estudantes escolhidas pelas diversidades.

Figura 5 – Parte do Questionário Inicial Realizado no *Google Forms*

## Questões Iniciais - Questionário Sobre Hidrostática - Turma 202

Em 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, em Mariana (MG), o maior desastre socioambiental do país no setor de mineração, com o lançamento de cerca de 45 milhões de metros cúbicos de rejeitos no meio ambiente. Os poluentes ultrapassaram a barragem de Santarém, percorrendo 55 km no rio Gualaxo do Norte até o rio do Carmo, e outros 22 km até o rio Doce. A onda de rejeitos, composta principalmente por óxido de ferro e sílica, soterrou o subdistrito de Bento Rodrigues e deixou um rastro de destruição até o litoral do Espírito Santo, percorrendo 663,2 km de cursos d'água.

Laudo Técnico Preliminar, concluído em 26 de novembro de 2015, aponta que “o nível de

Fonte: Acervo do Autor

**Questão 1:** Você comprou dois sacos de pregos. Ao pregá-los você percebe que são diferentes tendo que utilizar maior intensidade de força para pregar os pregos menos “pontudos”, do segundo saco. A necessidade do aumento de força se deve, possivelmente, por qual(is) motivo(s)?

Quadro 3 – Respostas referentes à questão 1.

Integrante	Resposta
<b>Aluno A</b>	A necessidade do aumento de força se deve, possivelmente, pelo motivo colocado acima: dos pregos do segundo saco serem menos “pontudos”. Creio que outra necessidade do aumento de força se deve também por motivos como: economizar tempo, pois ao pregar com mais intensidade o tempo utilizado é menor do que pregar com menos intensidade (devagar).
<b>Aluno B</b>	Por causa da pressão, ele vai entrar com menos facilidade na parede, pois a pressão que ele exerce sobre a parede é menor.
<b>Aluno C</b>	Para facilitar a entrada do prego no material, pois o mesmo não é pontudo o suficiente como os pregos do saco 1.
<b>Aluno D</b>	Não sei.

<b>Aluno E</b>	Porque o prego não tem ponta, então a força está concentradas área maior.
<b>Aluno F</b>	O menos pontudo exige mais força devido à menor pressão que ele exerce sob a parede.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Ao analisar as respostas encontramos alguns conceitos físicos como força, pressão e certa noção de área. Em algumas respostas, podemos observar termos empregados corretamente e em outras, notamos a necessidade de uma discussão para que houvesse entendimento, como o caso do aluno D e E.

**Questão 2:** “O desastre causou a destruição de 1.469 hectares, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs)”. Sendo 1 hectare igual a 10.000m<sup>2</sup>, transforme 1.469 hectares para m<sup>2</sup> e tente escrever o motivo da unidade ser elevada ao quadrado. (ex: m<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>, pol<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, etc.)

Quadro 4 – Respostas referentes à questão 2

<b>Integrante</b>	<b>Resposta</b>
<b>Aluno A</b>	<i>14.690.000 m<sup>2</sup> (metros quadrados). O MOTIVO DA UNIDADE SER ELEVADA AO QUADRADO: Isso ocorre porque ao multiplicarmos dois valores de mesma unidade elevamos ao quadrado. EXEMPLO: m.m = m<sup>2</sup>; cm.cm = cm<sup>2</sup>; pol.pol = pol<sup>2</sup>; km.km = km<sup>2</sup>.</i>
<b>Aluno B</b>	<i>14.690.000m<sup>2</sup>, não sei porque é elevado ao quadrado.</i>
<b>Aluno C</b>	<i>Não entendi</i>
<b>Aluno D</b>	<i>14.690.000 m<sup>2</sup>. Isso ocorre porque ao multiplicarmos dois valores da mesma unidade, elevamos ao quadrado. Como por exemplo: m.m = m<sup>2</sup></i>
<b>Aluno E</b>	<i>14.690.00, é elevada por estarmos falando sobre a área de um lugar, assim tendo que elevar ao quadrado.</i>
<b>Aluno F</b>	<i>(resposta em branco)</i>

Fonte: Elaborado pelo Autor

Nessa questão, a maior parte das respostas foi “não sei”, enquanto outros acertaram o que se referia à parte matemática - e poucos, destes, propuseram-se a tentar explicar o significado da unidade ser ao quadrado. Averiguando com mais atenção percebi que os estudantes que não participaram da aula e entregaram depois foram os que tiveram menos ímpeto a responder, e, em decorrência, deram respostas como “não sei”, “não entendi” ou deixando em branco.

**Questão 3:** Quando bebemos suco com um canudinho, precisamos fazer certo movimento de sucção. Ao fazer tal movimento, o líquido sobe pelo canudo. Por que isso acontece? (explique com suas Palavras)

Quadro 5 – Respostas referentes à questão 3

Integrante	Resposta
<b>Aluno A</b>	porque tiramos o ar do canudo, deixando vir somente o liquido
<b>Aluno B</b>	Ao meu entender ele sobe pois sugamos todo o ar que contém no canudo para a boca, igual assoprar um apito.
<b>Aluno C</b>	A pressão fora do canudo não muda, já a pressão dentro do canudo diminui, então a diferença de pressão faz com que o líquido suba.
<b>Aluno D</b>	Por que nós colocamos uma pressão sobre a água, fazendo com que ela suba pelo canudo.
<b>Aluno E</b>	A sucção provoca um aumento de pressão que impulsiona o líquido para cima
<b>Aluno F</b>	Por causa da pressão?

Fonte: Elaborado pelo Autor

Assim como na questão 1, essa pergunta parte de uma possível situação já vivenciada pelo respondente. A maioria tentou responder, e é percebido o uso dos conceitos de pressão, pressão atmosférica e a percepção em relação à diferença de pressão (os quais ainda não foram estudados na disciplina de física).

**Questão 4:** Ao subir o Morro da Borússia, aproximadamente 300m de altura, geralmente, sentimos um “estourinho” no ouvido. Tente explicar a ocorrência desse fato.

Quadro 6 – Respostas referentes à questão 4

Integrante	Resposta
<b>Aluno A</b>	Por causa da pressão, a altitude ficou alta muito rápido e não estamos acostumados.
<b>Aluno B</b>	Pode ser a pressão gravitacional, pois estamos acostumados a ficar ao nível do mar, e subir para um lugar mais alto muda nossa pressão.
<b>Aluno C</b>	Por conta da altitude, isso perturba o ouvido.
<b>Aluno D</b>	eu acho muito louco isso pelo fato de eu não saber explicar, nunca cheguei a pesquisar mas acho algo interessante pois toda vida quando vou pra chácara e chega em uma parte do morro que fico “surdo” e é somente naquele local
<b>Aluno E</b>	O estourinho é por causa da pressão que sentimos no ouvido pela diferença de densidade de ar.
<b>Aluno F</b>	Não sei.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Apesar de duas respostas “não sei”, no total, notou-se certo aumento na curiosidade e participação da maioria – bem como na representação de um cenário já vivenciado pelo questionado. Embora de maneira um tanto reduzida, termos já estudados como densidade e gravidade apareceram de maneira reduzida, mas se fizeram presentes. A identificação do evento com a altitude está contida no maior número de respostas. Chamo a atenção para o fato de o morro da Borússia, fazer parte da região e estar muito próximo da escola.

**Questão 5:** Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa? Tente explicar.

Quadro 7 – Respostas referentes à questão 5

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	Acho que deve ser pelo fato de no mar temos água salgada, isso quer dizer que o sal faz com que a superfície seja mais fácil de se mantermos flutuantes.
<b>Aluno B</b>	Porque é mais densa, então a força que faz boiar (ficar no fundo) é maior também.
<b>Aluno C</b>	Pelo alto nível de sal presente na água do mar, faz com que aumente a pressão. A água da lagoa é doce. Um exemplo bem conhecido é o Mar Morto, o lago mais salgado do mundo, faz com que você boie instantaneamente no momento que você entra nele.
<b>Aluno D</b>	Nessa tu me pegou, sor!!!! mas tem a ver com densidade.
<b>Aluno E</b>	por causa do sal do mar empurra o corpo para cima ao ter o ar nos pulmões.
<b>Aluno F</b>	<i>Pela densidade da água, existente por causa do sal.</i>

Fonte: Elaborado pelo Autor

Também fazendo relação com a região, como a descrita na pergunta anterior, e com grande probabilidade de o estudante já ter experimentado a situação descrita pela questão por estarmos em território perto do litoral e com grande número de lagoas. Apenas uma resposta “não sei” foi registrada. A presença da palavra sal está inclusa em quase todas as respostas. Alguns se referiram ao conceito de densidade, aprendizagem do ensino fundamental pois, ao falar com o professor de química, foi me relatado que o conteúdo não havia sido ministrado no primeiro ano do ensino médio. Nessa parte percebi que alguns alunos do ERE estavam pesquisando na internet, mesmo com o diálogo inicial referente à não importância dada sobre erros e acertos.

**Questão 6:** Você já deve ter escutado a seguinte afirmação: Conhecemos mais a superfície da Lua do que o “Fundo do Mar”. Qual conceito físico envolvido e por qual motivo? Tente imaginar e explicar.

Quadro 8 – Respostas referentes à questão 6

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	Bom.. O fundo do mar é extremamente desconhecido e difícil de explorar, além de ser uma região onde só conseguimos respirar até determinado tempo e com equipamentos, também é difícil pela pressão da água, quanto mais descemos mais o peso da água esmaga, um belo fenômeno físico mas também assustador!
<b>Aluno B</b>	Segundo minha imaginação e "estudo", acho que um dos motivos para não explorarem tanto o "Fundo do Mar" (oceano) é a limitação tecnológica, e também por ser caro, trabalhoso e de certa forma perigoso, por diversos fatores, incluindo: o tamanho; a escuridão; a pressão. Grande parte do oceano ainda não foi mapeado e se conhece muito pouco. O mar, assim como o espaço, é grande, rico e diversificado. Os oceanos são importantíssimos e dependemos deles para a sobrevivência. Portanto, é preciso preservá-lo e estudá-lo.
<b>Aluno C</b>	A gravidade e pressão. É difícil conseguir investigar o mar com a escuridão, e com tanta pressão, quanto mais próximo ao nível do maior, maior é a pressão. Na lua utilizamos a gravidade.
<b>Aluno D</b>	O conceito envolvido pode ser a Gravidade, que na lua é mais fácil de utilizar a nosso favor, mas no fundo do mar é difícil por conta da pressão atmosférica da água. Posso estar falando coisa errada, mas acho isso.
<b>Aluno E</b>	Acho que pelo motivo de já terem explorado bastante a lua.
<b>Aluno F</b>	por que nos exploramos mais a lua do que o fundo do mar por conta da pressão da água, mas não sei exatamente o conceito.

Fonte: Elaborado pelo Autor

A intenção dessa interrogação era sondar se os questionados conseguiriam relacionar a presença da água com a dificuldade de explorar grandes profundidades devido à pressão. Sendo a lua e o fundo do mar lugares extremos à sobrevivência humana, o que explicaria o lugar mais distante ter recebido uma maior exploração? Apareceram em muitas respostas os termos gravidade, pressão, escuridão, limitação tecnológica, peso, preservação do mar, etc.; apareceram em muitas respostas provando que de certa forma associação foi feita. Ao final da aula, chamando-me a

atenção, um grupo fez a colocação de que tinham acabado de estudar as Fossa das Marianas em geografia e outro grupo me enviou um vídeo de animais que vivem em grandes profundidades. Desse modo foi percebido aumento no interesse em discutir e buscar por respostas.

**Questão 7:** Você ouviu falar sobre os desastres acontecidos em Mariana e Brumadinho? O que você sabe sobre o ocorrido?

Quadro 9 – Respostas referentes à questão 7

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	já ouvi falar e acompanhei por alguns dias as notícias, foi um desastre que poderia 100% serem evitados se não tivéssemos empresas que só se importam com o lucro e não com o prejuízo, Brumadinho e Mariana foram barragens que se romperem e matou muitas pessoas inocentes, inundando muitos hectares com lama, as imagens são extremamente tristes e agoniantes.
<b>Aluno B</b>	Sobre os desastres acontecidos em Mariana, eu já ouvi falar sobre, porém consigo me lembrar de poucas coisas (talvez por ser muito pequeno na época e por não acompanhar tanto as notícias quando pequeno). Depois de ler a notícia acima colocada pelo professor Tiago, pude lembrar-me de algumas notícias que passaram na televisão, mas cheguei a pensar que o desastre tinha ocorrido no ano de 2014. Porém, os desastres de Brumadinho eu lembro com muita clareza, pois ocorreu mais recentemente (25 de janeiro de 2019) "foi o maior acidente de trabalho no Brasil em perda de vidas humanas". Lembro de todas as matérias em jornais que assisti, notícias na internet e as fotos da região.
<b>Aluno C</b>	Pelo o que eu sei, é que o desastre aconteceu por conta da força da água que estourou a barragem e fez um desastre por onde passou, poluindo o meio ambiente e matando muitas pessoas.
<b>Aluno D</b>	As barragens se romperam e prejudicou muitas famílias.
<b>Aluno E</b>	Eu ouvi algo na época, de como pessoas perderam suas casas, como o meio ambiente reagiria e tal, mas na época não dei muita importância por que não entendia muito sobre os assuntos

	envolvidos.
<b>Aluno F</b>	sim, e sobre isso acho que as vezes é falta de investimento e não se importar muito com aquilo e tem que ser algo muito resistente pois a água sempre muito forte.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Devido ao encurtamento do período de aula, as questões 7, 8, 9 e 10; tiveram que ser respondidas no modo assíncrono. Sobre a tragédia em Mariana, certamente pouco foi acompanhado por eles, pois possuíam em média dez anos de idade. A escolha da notícia foi visando ao aumento de informações a serem adquiridas e ao aprofundamento do tema sociocientífico. Considerando a maioria das respostas, foi possível verificar a pouca relevância dada ao tema durante os eventos catastróficos ocorridos, o que é absolutamente compreensível, uma vez que são muitas notícias midiáticas chegando até nós diariamente.

**Questão 8:** O que são barragens de resíduos? Para que servem?

Quadro 10 – Respostas referentes à questão 8

<b>Integrante</b>	<b>Respostas</b>
<b>Aluno A</b>	é um reservatório destinado a reter resíduos sólidos e água resultante de processos de evitação de minérios, podem ser usadas para o acúmulo hídrico e para depositar rejeitos e resíduos.
<b>Aluno B</b>	São locais onde é depositado restos de minérios. Serve como um local de descarte para empresas, pois certas coisas jogadas na natureza prejudica o meio ambiente.
<b>Aluno C</b>	Não sei.
<b>Aluno D</b>	São barragens que separam os resíduos da água, para não poluir o meio ambiente.
<b>Aluno E</b>	Acho que são barreiras de água com lixo e outros tipos de resíduos químicos, e acredito que servem pra não poluir ainda mais o biossistema.

<b>Aluno F</b>	Como o intuito deste questionário é testar os nossos conhecimentos sem envolver pesquisas, creio que barragens de resíduos sirvam como um “lixão”. Os dejetos podem ser largados ali, servindo como uma contribuição ambiental.
----------------	---

Fonte: Elaborado pelo Autor

A ocorrência de muitas respostas “não sei” era esperada - até por que eu tive que pesquisar para aprofundar este conhecimento. Ficou nítido que os estudantes que responderam corretamente claramente exerceram o ato de consulta a fontes externas. Não buscando condenar tal ato de investigação, porém a orientação era de não utilizar tais artifícios. Assim, o propósito do questionário acabou desviando de sua linha inicial.

**Questão 9:** Por que as barragens de Mariana e Brumadinho romperam? Tente explicar utilizando conceitos físicos.

Quadro 11 – Respostas referentes à questão 9

<b>Integrante</b>	<b>Respostas</b>
<b>Aluno A</b>	porque aconteceu uma liquefação, onde o material sólido passa a comportar como fluido
<b>Aluno B</b>	Creio que as barragens de Mariana e Brumadinho romperam por dois fatores que podem ser apontados: um fenômeno natural, responsável por abalar a estrutura da barragem; e/ou a falta de planejamento dessa estrutura, ou seja, estrutura mal construída e/ou que não suporta a quantidade de resíduos que recebe. Na minha opinião acho que tanto a barragem de Mariana quanto a barragem de Brumadinho vieram a romper pelo fato da estrutura ter sido mal construída, porém são apenas hipóteses (não sei se foi divulgado o motivo ou se houve estudos acerca disso).
<b>Aluno C</b>	não sei responder
<b>Aluno D</b>	Por uma falha técnica dos organizadores ou pela força da água. Únicos conceitos físicos que eu imagino são, força gravitacional, força normal e força de atrito.

<b>Aluno E</b>	Acredito que o rompimento dessas barreiras tenha ocorrido pela construção incorreta juntamente com a força da natureza. Não sei se foi divulgado o que realmente fez com que estas se rompessem, mas em minha opinião foi a junção destes dois fatores.
<b>Aluno F</b>	A Pressão interna do lago ficou maior pelo aumento de volume e acabou rompendo as barragens.

Elaborado pelo Autor Fonte:

Nessa questão, de averiguação de conceitos físicos, obtemos cinco respostas foram “não sei”. Termos como: defeitos na barragem, excesso de chuva, barragem muito cheia, etc; assim como conceitos de liquefação, pressão, força gravitacional, força normal e força de atrito; apareceram em boa parte das respostas mostrando que os respondentes possuem algum conhecimento.

**Questão 10:** Você seria favorável à construção de uma barragem perto de sua cidade? (escreva os motivos)

Quadro 12 – Respostas referentes à questão 10

<b>Integrante</b>	<b>Respostas</b>
<b>Aluno A</b>	é uma pergunta bem difícil de responder, mas sim eu seria favorável mas com todos métodos de segurança, revisar semanalmente, para que não venham acontece um desastre pela falta de cuidado, todos sabemos que uma barragem ajudaria muito os cidadãos.
<b>Aluno B</b>	Sobre a construção de uma barragem perto de minha cidade (Osório - RS) tenho minhas dúvidas, pois com esses desastres que foram um dos maiores do mundo, fica meio sem sentido dizer que eu seria favorável à construção, por motivos de: medo, principalmente; dúvidas de como seria construída essa barragem e se os materiais utilizados seriam resistentes bem como a estrutura da barragem. Porém, se fosse necessária a construção, acho que eu assim como a população não teria muito o que fazer, já que a construção é para fins de evitar danos ambientais, então acho que seria uma grande guerra entre o governo e a população, mas que com certeza o governo ganharia. Então fico em dúvidas, pois por um lado é importante,

	mas com os desastres que já ocorreram fica difícil querer viver perto de um lugar que não sabemos como foi construído, se suporta aquilo que recebe e se não pode romper a qualquer momento.
<b>Aluno C</b>	Não, porque eu teria medo de acontecer como aconteceu em Mariana e Brumadinho.
<b>Aluno D</b>	Sim, por ter alguns benefícios como: preservação da vazão, geração de energia, controle de abastecimento durante estiagem e etc.
<b>Aluno E</b>	Sinceramente não. Entendo da importância da construção de barragens, mas confesso que o medo é grande, por conta destes desastres que ocorreram. Viveria com medo dela se romper, já que nunca podemos ter certeza se estas são realmente construídas seguramente.
<b>Aluno F</b>	nao sei, pois por mais que ajude, ainda tem muitos fatores ambientais que me deixam com um pe atrás

Fonte: Elaborado pelo Autor

Aqui o aluno pode se colocar em uma decisão importante para a comunidade. Foi percebido que a notícia problematizadora influenciou bastante na elaboração das respostas, sendo apenas três diferentes do “não”. As informações publicadas nos principais meios de comunicação da época, e em sua maioria, supervalorizaram o fato do acidente sem trazer o contraponto de quais “benefícios” a mineração possui. Não querendo minimizar a tragédia (e longe de ser hipócrita, pois utilizo computador, celular, outros equipamentos que possuem componentes provenientes dessa atividade), mas acredito ser fundamental apresentar o outro lado de o porquê existir a barragem de rejeitos. Nota-se que alguns confundiram barragens de rejeitos com barragens presentes em hidrelétricas.

Em resumo, percebeu-se que os estudantes não são uma página em branco pronta para receber novas informações. Foram identificados muitos conhecimentos prévios que foram parte na nova construção do conhecimento. (1- Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos). Previsivelmente que alguns demonstraram distorções da realidade, mas que no encontro seguinte foram retomados para se ter melhor alinhamento dos fenômenos referidos nas perguntas. (7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.)

## 6.2 Atividade Domiciliar I (Assíncrona): Inserção de Organizadores Prévios

Com o intuito de inserir novos conhecimentos de distintas fontes para interagir com os conhecimentos prévios, os organizadores prévios, a primeira atividade em modo assíncrono foi orientá-los a visualizarem vídeos e fazerem a leitura de notícias midiáticas relacionadas com os desastres ambientais ocasionadas pelo rompimento das barragens conforme o Apêndice A. Nesse instante, o professor orientou-os estudantes a realizarem questionamentos: em relação às notícias e às funções exercidas pelas barragens e à cerca da necessidade de suas existências. Sendo sugerido o levantamento de pontos positivos e negativos junto com hipóteses para o rompimento. Esse conjunto de observações e levantamentos serviu como material de apoio para a próxima atividade, síncrona, que foi a construção de uma redação nos “moldes” do vestibulares da UFRGS, sobre o tema em questão.

A introdução dessa atividade contemplou, de certo modo, os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, pois serviu de ponte entre o que o estudante já sabe e o que deveria saber relativo à importância do conteúdo. Além disso, explorou a interação entre o conhecimento prévio e a aquisição de novos significados, o que constitui a essência da aprendizagem significativa. Os princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica utilizados aqui foram os seguintes: 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas; 3. Aprender a partir de distintos materiais educativo; 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade; 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a “sobrevivência”; 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. Abaixo, seguem imagem da Atividade de física assíncrona proposta pelo professor-pesquisador e quadro do Material Midiático Disponibilizado.



Texto	IV - CHAGAS, Inara. <b>Barragem de rejeitos e os casos Mariana e Brumadinho</b> ; <i>Meio Ambiente - Politize!</i> . Disponível em <a href="https://www.politize.com.br/barragem-de-rejeitos/">https://www.politize.com.br/barragem-de-rejeitos/</a> . Acesso em 18 de maio de 2021
-------	---

Fonte: Elaborada pelo Autor

### 6.2.1 Levantamento de Pontos Importantes pelos Estudantes

Visando a organização dos estudantes quanto à aquisição de informações, a coleta de dados de pontos importantes ajuda na memorização e foco durante a leitura das notícias colaborando com as argumentações que estarão presentes nas redações.

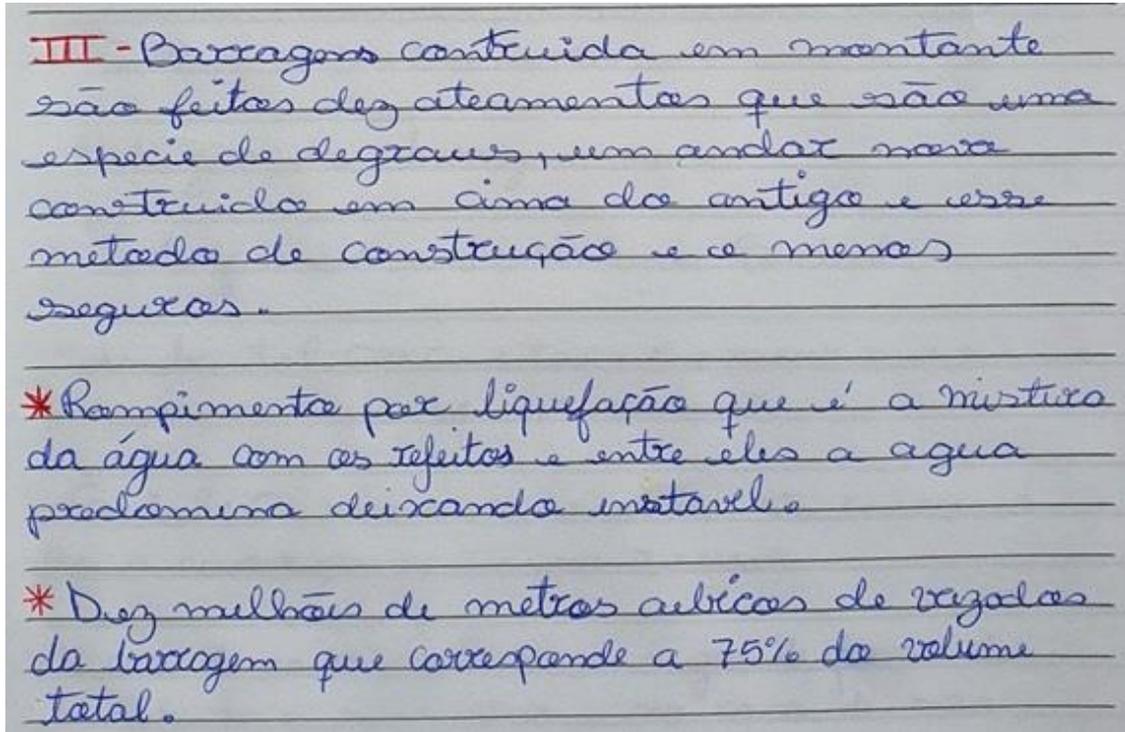
Quadro 14 – Levantamento de Pontos Importantes pelos Estudantes

Aluno	Descritores dos pontos positivos, negativos e relevantes
<b>Aluno A</b>	<p>Positivos = o abastecimento de água zonas residenciais, agrícolas, industriais, produção de energia elétrica(energia hidráulica)</p> <p>Negativos = As barragens costumam inundar uma longa extensão de terras habitáveis. Isso faz com que muitas pessoas sejam desalojadas e tribos indígenas, fauna e flora completamente dizimadas.</p>
<b>Aluno B</b>	<p><b>PONTOS RELEVANTES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberou rejeitos químicos ( ferro, sílica), minerais e água;</li> <li>• Desastre e poluição ambiental;</li> <li>• Liberação de lama;</li> <li>• Altura da lama 12 vezes maior do que as pessoas (matemática)</li> <li>• Força de atrito e água e o chão;</li> <li>• Força gravitacional da queda da água.</li> </ul> <p>Quais os possíveis motivos das barragens de rejeitos, localizadas em Mariana (MG) e Brumadinho (MG), romperam?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito íngreme; (construída a montante)</li> <li>• Métodos mais baratos de construção;</li> <li>• Fenômenos ambientais antes do rompimento;</li> <li>• Excesso de chuva na região; (biologia)</li> <li>• Alto teor de ferro; (química)</li> <li>• Degraus sobem um vetor de pressão maior do que já foi projetado para sustentar a falta de monitoramento; (física)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desastre tecnológico;</li><li>• Liquefação - mudança do estado físico, de sólido para líquido, a mistura de água com rejeito</li></ul>
--	--

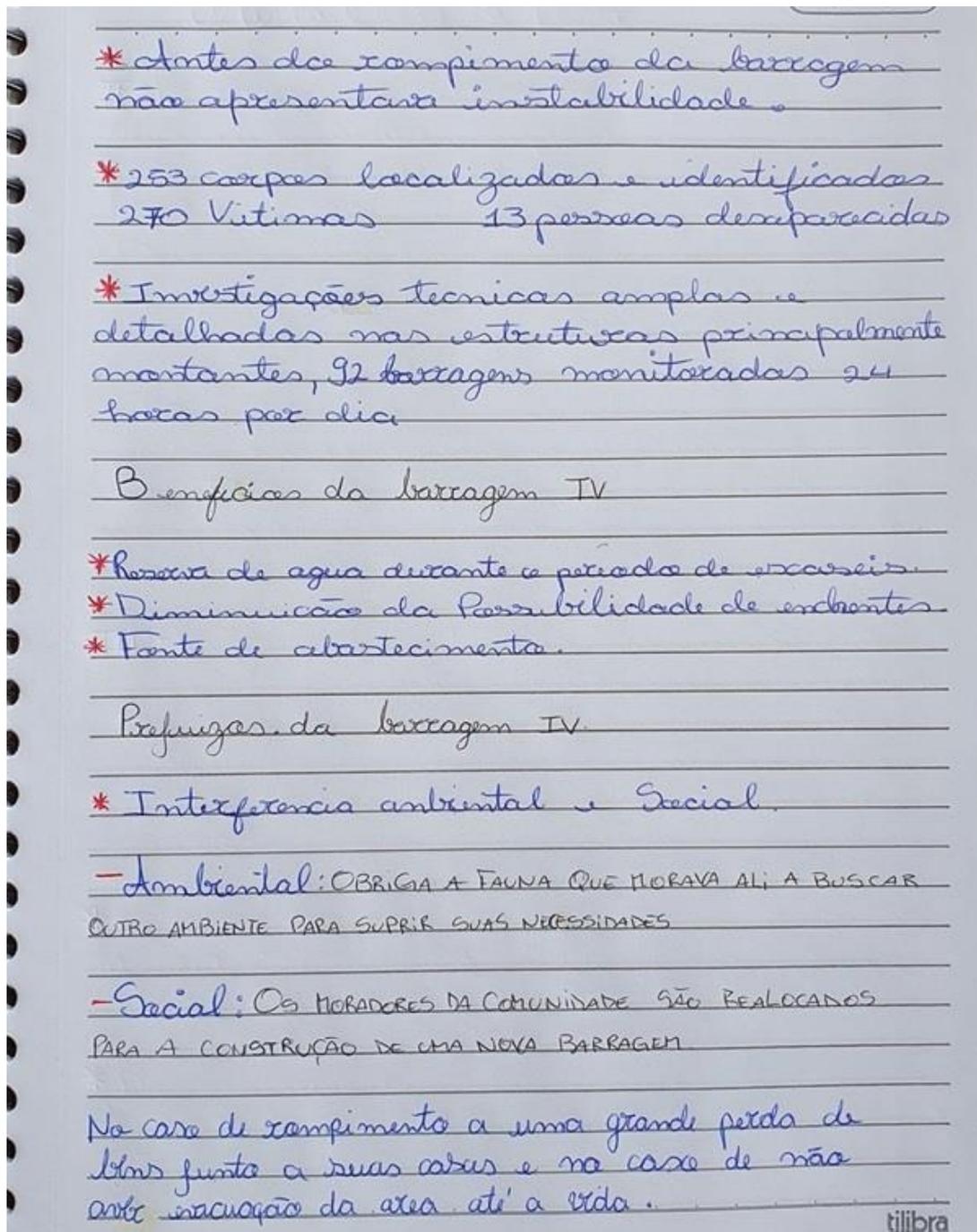
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 7 – Levantamento de Pontos Importantes do Aluno C-Parte I



Fonte: Elaborada pelo aluno C

Figura 8 – Levantamento de Pontos Importantes do Aluno C- Parte II



Fonte: Elaborada pelo Aluno C

Ao conversar com o professor de Português e Redação, na época, no sentido de apresentar-lhe a etapa do processo de construção de redações a ser implementada como parte da prática com os estudantes, concluímos que não haveria tempo hábil para desenvolver essa atividade em conjunto; mas identificamos

que, em outro momento, teria potencial e interesse de ambos. Na oportunidade, o professor de redação auxiliou alguns dos estudantes nos aspectos redacionais. A execução do levantamento de dados significativos ajuda na memorização e na organização dos argumentos à futura redação no modelo dissertativo-argumentativo.

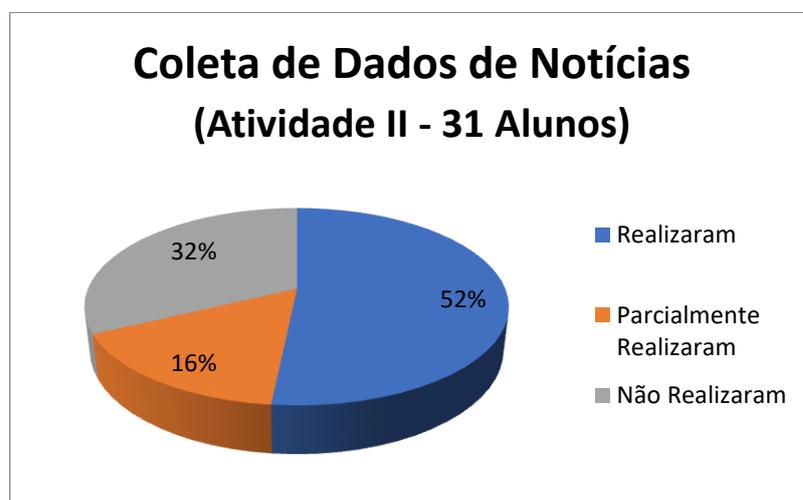
Já observando as respostas dos alunos, como os três exemplares acima, pude perceber alguns poucos estudantes que não realizaram, ou realizaram, a atividade de qualquer forma. Outros que ainda exercem confusão sobre barragens de rejeitos e hídricas.( 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a “sobrevivência).

E aqueles que demonstraram mais interesse trazendo uma boa averiguação dos assuntos relevantes e outros que até ensaiaram rascunho de redação.

Durante a atividade os alunos foram instigados a responderem perguntas iniciais como: porque ocorreu a ruptura, quais eram as condições climáticas, como são feitas as barragens, etc.(2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas); Também podemos perceber outro princípio facilitador ao solicitar leituras e visualizações de imagens em diversos meios midiáticos. (5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade;)

Abaixo, no gráfico, a relação dos alunos que realizaram, realizaram parcialmente ou não realizarão a atividade II.

Gráfico 1 – Porcentagem de Alunos que Realizaram Coleta de Informações



Fonte: Elaborado pelo Autor

### 6.3 Aula II (Síncrona): Produção da Redação

Direcionada para a construção de uma redação dissertativo-argumentativa, em que o tema envolveria a hipotética construção de uma barragem de rejeitos na região do município de Osório, a utilização de um assunto de relevância fez envolver opiniões e conduzir para o aumento na predisposição em aprender dos alunos. A ação de procurar argumentos consistentes, de repensá-los e inseri-los dentro de um contexto social próximo, atribuindo, assim, novos significados a um dado subsunçor, e integrando significados, foi fundamental neste processo. Para a produção do texto, destacam-se alguns princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica, como: 4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.); 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (Princípio do conhecimento como linguagem.); 10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.); 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão (Princípio do abandono da narrativa.). O tempo útil da aula foi de 44 minutos. Abaixo algumas conclusões de um total de 23 alunos que realizaram a tarefa:

Quadro 15 – Conclusão referentes à Redação

Integrante	Conclusão referente à Redação
<b>Aluno A</b>	Portanto, é preciso a compressão, urgentemente, que a falta de condições institucionais, além de impor inaceitáveis riscos ao meio ambiente, prejudica os empreendedores. O caminho para impedir novas tragédias é o fortalecimento desses órgãos reguladores e a transparência das informações sobre os riscos.
<b>Aluno B</b>	Deste modo, cabe ao Estado e às Empresas proprietárias, investirem mais na manutenção e segurança, e assegurar à população que esta é uma barragem 100% estável e sem riscos. A fim de que desastres como os de Mariana e Brumadinho não se repitam. É propensa, ainda, a instalação de acelerômetros, radares e satélites, assim como piezômetros e monitoramentos tradicionais
<b>Aluno C</b>	Com base nesses argumentos, bem como na pesquisa sobre os rompimentos, podemos concluir que a construção de uma barragem

	não é favorável para nós cidadãos. A barragem, dependendo das condições, pode romper, por diversos fatores: seja pela falha humana ou pela natureza. Todos têm o direito da segurança, sendo um fator que não depende somente do próprio indivíduo, mas sim do bom senso e da coerência de todos para que a sociedade seja mais justa e segura.
<b>Aluno D</b>	Acho que se fossem feitos todos testes, e fosse algo muito bem discutido com todos responsáveis e parceiros que ajudariam a construir poderia SIM ser feita uma barragem em Osório.
<b>Aluno E</b>	Para que essas coisas não aconteçam é necessário a fiscalização e manutenção dessas barragens, estruturas bem feitas e profissionais capacitados e empenhados em manter uma área segura. Levando em conta, os prejuízos que são causados pelas empresas quando as obras não são bem feitas, prejuízos dos quais nem todo o dinheiro do mundo seria capaz de pagar. Então, a prevenção dos possíveis acontecimentos e uma fiscalização dos órgãos capacitados é a melhor maneira de garantir a segurança de locais que possuem esse tipo de estrutura.
<b>Aluno F</b>	Entre tudo isso, não, eu não concordo em fazer a realização de barragens pois temos outros meios para isso que não causam tantos danos para o meio ambiente. As barragens costumam inundar uma longa extensão de terras habitáveis. Isso faz com que muitas pessoas sejam desalojadas e tribos indígenas, fauna e flora completamente dizimadas.
<b>Aluno G</b>	Com isso vemos que seria, sim, vantajoso à nossa cidade uma barragem de rejeitos. Claro, deve haver, antes de tudo, um estudo sobre nossas terras para ver se seria segura, mas temos diversos prós que nos fazem supor que seria bom.

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 6.3.1 Análise da Aula II

A aula iniciou com a retomada das respostas referentes ao questionário I, em que comentários e certas correções e explicações foram discutidas por todos. Na sequência, cinco imagens foram projetadas utilizando o *Datashow*. Duas ilustrando geograficamente as localidades das barragens e seus níveis de risco, no Brasil e Rio Grande do Sul, de acordo com as imagens do ANEXO B; e outras apresentando os

três tipos de construção de Barragens de rejeitos (ver em: 3.1 Tipos de Barragens de Rejeitos – p.33).

Após breve discussão acerca dessas imagens, os estudantes deram início à produção de suas redações – em razão do pouco tempo de aula, apenas 28 minutos restantes para o término do período, os discentes solicitaram um prazo de entrega maior. Como o objeto de estudo, o texto, deveria estar completo, o pedido foi aceito, e seus trabalhos enviados de maneira assíncrona.

Ao ler as redações, perceberam-se alguns problemas: repetição da confusão entre barragens de rejeitos e barragens hídricas; estrutura da redação; e, por fim, falta de profundidade temática – o que pode ser explicada na falta de leitura mais atenta das notícias. Os exemplos dados foram relacionados com os objetos eletrônicos utilizados, e muito por eles como: celulares, computadores, relógios, televisores, carros, casas etc. Ainda assim, se considerarmos as condições já referidas, a realização da atividade foi bastante importante, pois os incentivou a refletir, a pensar (e repensar) sobre o assunto e seus detalhes. Na maior parte das redações, lê-se o parecer conclusivo de que é fundamental “a necessidade de monitoramento das barragens a fim de evitar acidentes”, e se posicionando “não ser favorável à construção próxima à cidade”.

#### **6.4 Aula 3 (Síncrona) – Construção das Expressões Matemáticas**

A proposta da aula III é a formulação das expressões matemáticas pelo estudante, com o menor envolvimento possível do professor. Relacionando os conceitos físicos contidos no conteúdo de hidrostática a partir de um questionário orientador, conforme descrito no APÊNDICE C, parcialmente dirigido e voltado a situações que provavelmente a maioria dos estudantes já tenha vivenciado. Almejando assim maior facilidade no entendimento, contudo distanciando-se, brevemente, da temática das barragens. É importante salientar que alguns auxílios indiretos foram inevitáveis, trazendo novos questionamentos próximos ao assunto sem fornecer a resposta diretamente. A inserção matemática, nesse momento, necessitou de cuidados, por haver algumas dificuldades demonstradas pelos estudantes. O papel do professor, nesses casos, foi o de incentivá-los a tentar a realização da atividade sem ter como objetivo o acerto, e sim a construção, o

processo em si com a análise de possíveis erros. Os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, ambos da aprendizagem significativa, são referenciais na etapa.

Para ocorrer a aprendizagem significativa crítica, os princípios facilitadores foram: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.), 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.), 4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.), 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.), 6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.), 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.), 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.) 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.).

#### 6.4.1 Relato: Aula 3

A realização da terceira aula teve como objetivo a construção das equações da Física relacionadas ao conteúdo de Hidrostática fazendo uso das respostas do questionário inicial conforme APÊNDICE C. Embora o intuito fosse de uma aprendizagem autônoma, os alunos não alcançaram esse ideal de forma independente; sendo, portanto, necessária uma maior intervenção de minha parte. Durante a execução da atividade de forma conjunta, professor e estudantes, foram desenvolvidos e explicados os conceitos de pressão e densidade, juntamente com as suas relações envolvendo as grandezas de força, aceleração gravitacional, velocidade, altura, área, volume, energia potencial gravitacional e energia cinética. Há de se ressaltar que alguns conteúdos requisitos à fluidez da aprendizagem em hidrostática deveriam ter sido aplicados no ano anterior. Mas, com a interrupção do processo de ensino em decorrência da pandemia, a introdução desses estudos não

ocorreu, acarretando maior dificuldade de compreensão dos alunos e tornando mais lenta/gradual de aquisição do respectivo novo conhecimento.

Ao término do encontro, observou-se existir maior engajamento e atenção dos estudantes quando as questões elaboradas estavam ligadas a experiências vividas, mais próximas da realidade dos mesmos, mas que deveria haver nova ocasião para a resolução das muitas dúvidas que surgiram e para maior fixação da aprendizagem. Durante a aula, houve parcial dispersão, com falas de cunhos pessoais relacionadas ao assunto como: “uma vez eu mergulhei...”, “... me cortei com a faca afiada do meu pai...”, “bah sor, olha a pressão que faço no chão...”, etc.. No decorrer, verifiquei os cadernos dos que estavam presencialmente quanto às equações. No ensino remoto, pouquíssimos me mostraram. Deixo registrado que o ensino híbrido não foi nada produtivo.

#### **6.5 Aula 4 (Síncrona) – Aplicação das Expressões Matemáticas**

Essa aula foi incluída com o objetivo de agregar mais situações e exemplos que pudessem sanar grande parte das dúvidas que surgiram na aula anterior. Em decorrência da pouca prática matemática que tiveram nos últimos um ano e meio, foram inseridos imagens e exercícios visando o aumento do entendimento, como se pode verificar no APÊNDICE D e APÊNDICE E.

Os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, ambos da aprendizagem significativa, também estiveram presentes nessa etapa. Já os princípios facilitadores para que ocorresse a aprendizagem significativa crítica presentes são: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.); 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.); 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.); 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.); 6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.); 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.); 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e

metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.);11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.).

#### 6.5.1 Relato: Aula 4

Ao iniciar a quarta aula, a abordagem dos estudantes presentes foi a grande dificuldade deles em relação à matéria estudada, bem como ainda, em suas falas, queixas de entendimento em relação à parte matemática e de pouco tempo para a resolução dos experimentos devido ao excesso de trabalhos solicitados por outras disciplinas. Levando em considerações esses elementos, foi sugerido pelo professor a mudança de data da apresentação, e que nessa aula fosse feita revisão da aula passada, incluindo exercícios de aplicação. Todos os estudantes concordaram.

Com base nisso, de imediato, retomamos a aula anterior incluindo desenhos e acrescentando exemplos associados a situações da realidade. O conteúdo de pressão atmosférica foi adicionado, fazendo ligação com a questão do primeiro questionário a respeito do tal “estourinho” no ouvido e o morro da Borússia. Dando prosseguimento, foi constatada maior participação e engajamento da turma, que se mostrou proativa ao realizar as questões de forma individual, no primeiro momento, conjunta e com auxílio do professor. Os alunos do presencial, após 15 minutos de atividade, iniciaram diálogos sobre as suas respostas – e de como resolveram as perguntas. Através de perguntas feitas diretamente para mim, percebi que muitos demonstraram inicial dificuldade com a simbologia das grandezas, o que pareceu ser superado à medida que iam tentando solucionar os problemas.

Abaixo, visualizamos duas imagens de dois alunos que não participaram da aula e entregaram os exercícios com atraso. Percebe-se alguns equívocos, o não cumprimento das instruções de não uso de calculadora e de mostrar os cálculos passo a passo.

Figura 9 – Resolução da questão 1 pelo Aluno A

1- Para pregar um prego numa parede, aplica-se uma martelada que transmite ao prego uma força de 50 N. A área de contato da ponta do prego com a parede é de  $0,2 \text{ mm}^2$  ( $0,0000002 \text{ m}^2$ ). Calcule a pressão exercida sobre a parede no instante da martelada.

$$\frac{0,2}{10^6} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \quad P = \frac{F}{A} \quad P = \frac{50}{2 \cdot 10^{-7}} = \boxed{2,5 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2}$$

Fonte: Elaborada pelo Aluno A

Figura 10 – Resolução da questão 4 pelo Aluno A

4- Em um submarino submerso a 100m abaixo do nível do mar está submetido a uma pressão de 11atm, quando ele sobe até uma altura de 50m abaixo do nível do mar qual é a pressão exercida sobre ele? Dados  $1 \text{ atm} = 100000 \text{ Pa}$ , densidade da água  $d = 1000 \text{ kg/m}^3$  e aceleração da gravidade  $= 10 \text{ m/s}^2$

$$\Delta P = d \cdot g \cdot \Delta h$$

$$1 \text{ ATM} = 100.000 \text{ Pa} :$$

$$11 \cdot 100000 = 1100000 \text{ Pa} .$$

$$P = 11 \cdot 10^5 = 10^3 \cdot 10 (50 - 100)$$

$$P = 10^4 \cdot (-50) + 11 \cdot 10^5$$

$$P = 600000 \text{ Pa} .$$

$$\boxed{P = 6 \text{ ATM}}$$

Fonte: Elaborado pelo Aluno A

Figura 11 – Resolução da questão 2 pelo Aluno B

2) A dimensão de um pé é 10 por 25cm  
temos que  $A = 250 \text{ cm}^2$  como são dois  
pés a área é 0,5

$$P = F/A = 50 \cdot 10 \text{ (PESO) } 1/2$$

$$P = 1000 \text{ N/m}^2$$

Fonte: Elaborado pelo Aluno B

Figura 12 – Resolução da questão 3 pelo Aluno B

3) aumento da longitude

Fonte: Elaborado pelo Aluno B

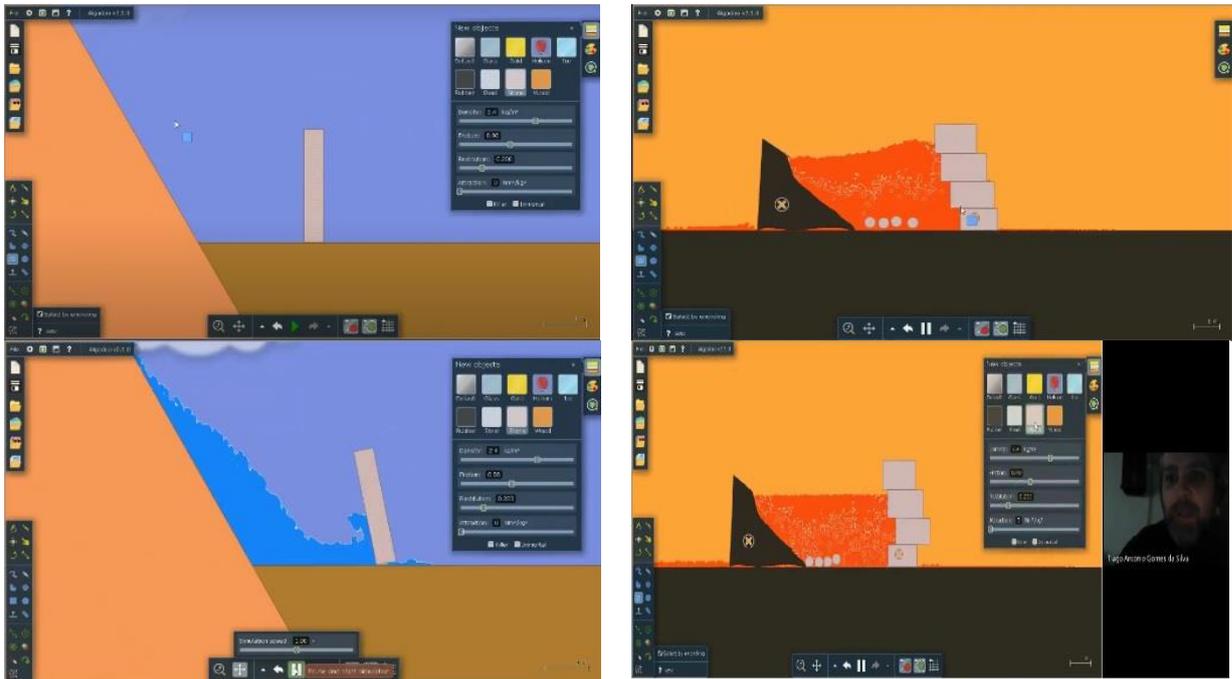
## 6.6 Aula 5 – Atividade Domiciliar II (Assíncrona) – Construção dos Experimentos

Os alunos receberam um roteiro, o qual está descrito no APÊNDICE F, para a realização de experimentos em grupos, com análise, enquanto estratégia importante a ser considerada na construção da aprendizagem significativa crítica, e se utilizou dos princípios facilitadores: 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.); 4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.); 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.); 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.); 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.); 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.); 10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.); e 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

### 6.6.1 Relato Aula 5

Por ser assíncrona, coloquei-me à disposição a fim de responder as dúvidas relacionadas aos experimentos fora do horário de aula. Foi feito um vídeo explicativo de aprendizagem não extenso para ilustrar a utilização do *software* Algodoo, visando a facilitar a montagem das Barragens. Abaixo, segue única imagem composta de *prints* do vídeo.

Figura 13 – Quatro *prints* de vídeo sobre montagem das Barragens



Fonte: Acervo do Autor

Os grupos, utilizando o ensino remoto para reuniões, verificaram os conceitos físicos e situações sociais dentro da temática das barragens de rejeitos por meio de perguntas direcionadas. Poucos debates internos ocorreram, e a montagem dos vídeos explicando um dos experimentos não saiu como o esperado por conta das dificuldades com relação às reuniões via *Google meet*.

## 6.7 Aula 6 (Síncrona) – Apresentação dos Experimentos

A aula teve início já com relatos das dificuldades sobre a forma de elaboração dos trabalhos, em grupos com reuniões a distância. Esse fato se verificou em outras disciplinas, o que resultou na suspensão deste modo até que o ensino presencial fosse retomado. Após tranquiliza-los através de conversa acolhedora, seguimos as apresentações dos vídeos produzidos pelos cinco grupos da melhor forma possível.

Os estudantes explanaram o modo como confeccionaram seus experimentos e suas respostas. Houveram poucos posicionamentos críticos, mas o curto tempo de apresentação não favoreceu essa rica possibilidade. Apenas 10 minutos por equipe para a realização do trabalho, pontos importantes foram ressaltados e anotados pelo orientador com o objetivo de contribuição na própria aprendizagem significativa e

resolução de possíveis erros. Algumas imagens dos experimentos encontram-se no Anexo IX.

### 6.7.1 Análise da Aula 6

Para a análise feita das respostas dos grupos, seguiremos na seguinte ordem: nome do experimento, pergunta, resposta de cada grupo e breve análise voltada à verificação de se houve interação entre os conhecimentos sociocientíficos. Os grupos 1 e 5 foram formados com alunos no sistema (ERE). Os outros grupos estavam mesclados nos dois sistemas, híbrido e (ERE).

Descrição do experimento 1: Construir uma barragem virtual utilizando o programa Algodoos e responder as questões.

Descrição da questão “a”: Qual o formato de barragem, e material utilizado nela, você considera mais estável? Por quê?.

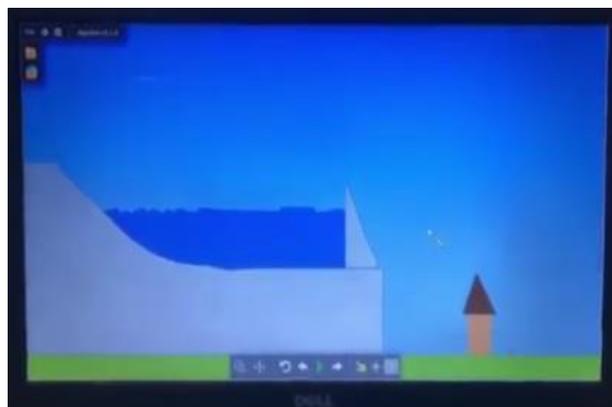
O Grupo 1, por serem uma dupla, foram dispensados da tarefa.

Figura 14 – Respostas da Questão “a” pelo Grupo 2

a) Fizemos a barragem em formato de concreto, utilizando uma laje e um concreto gravidade, pois consideramos mais estável pelo fato do concreto aguentar mais a pressão do que outros tipos de barragem.

Fonte: Elaborada pelo Grupo2

Figura 15 – Imagem Ilustrativa do tipo de barragem construída pelo Grupo 2



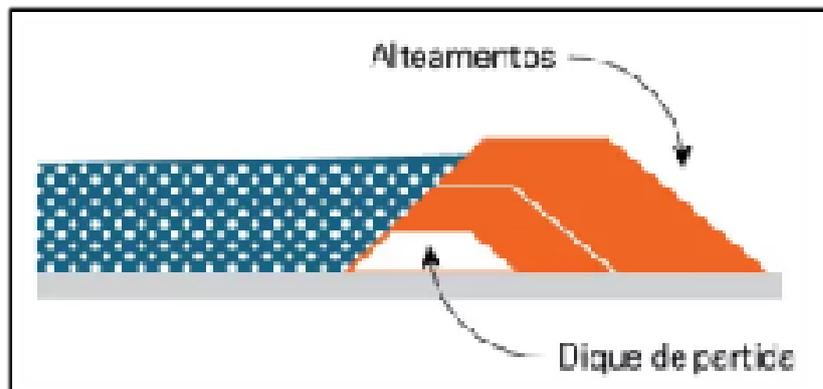
Fonte: Elaborada pelo Grupo2

Figura 16 – Descrição da Questão “a” pelo Grupo 3

**estável? Por que? JUSANTE:** É considerado o formato mais caro, no entanto o mais seguro. Deve-se considerar a possibilidade de aumentar a capacidade da barragem com o mesmo material do dique inicial ou com outros materiais como pedras e argila. Esses materiais normalmente são recolhidos na própria mineração. A barragem cresce por cima dela mesma, tornando-a mais segura. Já que não se trabalha com degraus e sim com uma espécie de pirâmide.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 17 – Imagem ilustrativa da Questão “a” pelo Grupo 3



Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 18 – Descrição da Questão “a” pelo Grupo 4

O formato de barragem usado foi o a jusante, os materiais foram pedra, aço e borracha, sim considero, porque foram os que mais sustentam a barragem nós simuladores.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 19 – Imagem ilustrativa da Questão “a” pelo Grupo 4

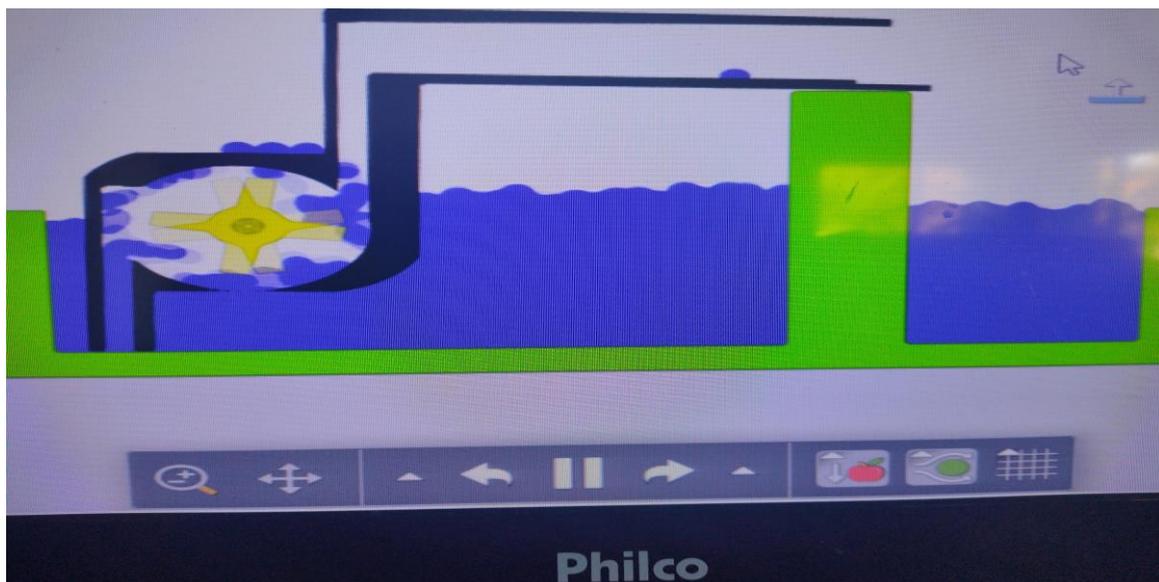


Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

#### Descrição da Questão “a” pelo Grupo 5

Aquele formato em que fiz deixou a barragem bem estável e segura, pois o motor e os demais complementos asseguraram que nada de ruim iria acontecer

Figura 20 – Imagem ilustrativa da Questão “a” pelo Grupo 5



Fonte: Elaborado pelo Grupo 5

Já de início foi percebido que, dentro da maioria dos grupos, houve divisões

de tarefas. Isto fez com que as respostas e os experimentos aparecessem de forma individual, fragmentada. Além de apresentar respostas mais significativas em termos de objetividade, os grupos 3 e 4 demonstraram maior proatividade e participação dos integrantes, observado durante a fala de cada integrante durante a apresentação. Já os grupos 2 e 5 não tiveram boa performance, demonstraram equívocos, mesmo o professor tendo se disponibilizado para ajudar em qualquer momento.

Descrição da questão “b”: Ao encher sua barragem escolhida, em diversos momentos, com fluidos de densidade diferentes, o que você observa em relação à pressão? Explique esse fenômeno. Com relação ao Grupo 1, por ser uma dupla, os integrantes foram dispensados da tarefa.

Figura 21 – Descrição da questão b pelo Grupo 2

b)Que a pressão sofre um aumento na parte inferior por ali ser mais largo que a parte superior

Fonte: Elaborado pelo Grupo

Figura 22 – Descrição da questão b pelo Grupo 3

**fenômeno.** Em relação à pressão, observamos que ela aumenta conforme a densidade aumenta. Esse fenômeno ocorre pois as moléculas de ar unem-se, ficando mais densas e, portanto, mais pesadas, aumentando a pressão.

Fonte: Elaborado pelo Grupo

Figura 23 – Descrição da questão b Grupo 4

Que quanto maior a densidade maior a pressão e quanto maior a pressão mais espaço e necessário se não ela transborda

Fonte: Elaborado pelo Grupo

Figura 24 – Descrição da questão b pelo Grupo 5

Dependendo da densidade da água muitas vezes a minha barragem se desmoronava e acabava vazando muita água, isto acontece pois a densidade da água é mais forte q a própria barragem.

Fonte: Elaborado pelo Grupo

Talvez o enunciado da questão tenha ficado um pouco confuso. Como não solicitaram auxílio, pressupus que estava acessível. O experimento dois poderia ajudar bastante nessa questão, que apenas o grupo 4 respondeu com certa coerência. Deste modo, tive cuidado e mais atenção ao corrigir tal questão com eles em aulas posteriores.

Descrição da questão “c”: Ao encher sua barragem escolhida, com um mesmo fluido e variando o nível atingido por este, o que você observa em relação à pressão?. Com relação ao Grupo 1, por ser uma dupla, os integrantes foram dispensados da tarefa.

Figura 25 – Descrição da questão c pelo Grupo 2

**c) A medida que o nível do líquido for baixando maior será a pressão exercida por ele.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo

Figura 26 – Descrição da questão c pelo Grupo 3

**atingido por este, o que você observa em relação a pressão? Em relação à pressão, observamos que ela aumenta a partir de uma maior quantidade de fluido. Já a partir de uma menor quantidade, a mesma irá diminuir.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo

Figura 27 – Descrição da questão c pelo Grupo 4

**Caso o líquido seja mais denso que a água, a pressão será ainda maior, pois a força da gravidade influencia na pressão exercida pelo líquido, que depende muito da profundidade e densidade do líquido, podendo assim mudar por conta da densidade**

Fonte: Elaborada pelo Grupo

Figura 28 – Descrição da questão c pelo Grupo 5

**Observo que se eu estou variando o nível deste a pressão muda constantemente**

Fonte: Elaborada pelo Grupo

Durante a apresentação do grupo 2, questionei todo o grupo, de maneira gentil, a respeito desta resposta – os quais concordaram a respeito do erro. Inclusive, um integrante lembrou de um exercício realizado em Energia Potencial Gravitacional, conteúdo ministrado anteriormente, referente a uma represa. A maioria dos presenciais fez menção de lembrar também.

Descrição da questão “d”: Se sua barragem fosse hipoteticamente construída no planeta Marte, onde  $g \cong 3,711\text{m/s}^2$  na superfície, e fosse enchida com água líquida, o que você acha que observaria em relação a pressão, em comparação com a mesma barragem no planeta Terra? Qual seria a explicação do fenômeno hipotético “observado”? Você seria favorável a essa construção? Por quê?. Com relação ao Grupo 1, por ser uma dupla, os integrantes foram dispensados da tarefa

Figura 29 – Descrição da questão d pelo Grupo 2

d)Em comparação a barragem do Planeta Terra a pressão seria menor pela gravidade de Marte ser menor que a do Planeta Terra. Então sou favorável a essa construção, até porque a pressão em relação a gravidade seria menor e se caso rompesse não geraria grandes estragos.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 30 – Descrição da questão d pelo Grupo 3

**Você seria favorável a essa construção? Por que?** A pressão de Marte será muito menor que a da Terra, já que a mesma está diretamente ligada à gravidade. Não seríamos favoráveis, pois não sabemos se há possibilidades deste fato acontecer, pois envolve muito investimento, tanto para locomoção quanto para a construção da estrutura, que envolve uma preparação intensa.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Grupo 4: (não houve registro de resposta )

Figura 31 – Descrição da questão d pelo Grupo 5

Não seria favorável pois a superfície de Marte é bem quente então a água ficaria muito quente e de nada adiantaria.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Dois grupos relacionando diretamente a influência da aceleração gravitacional que, por ser diferente, ocasionaria diferença no valor da pressão para cada planeta. Outros argumentos para a construção da barragem em Marte envolveram: custos, segurança, dificuldade e temperatura. Embora o respondente do grupo 5 não tenha pesquisado sobre a temperatura média nesse planeta.

Fazendo certa análise geral, o experimentos 1 trouxe muitos elementos em que se pôde verificar os princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica propostas atuando. Seja quando o estudante utilizou seus saberes e os relacionou com os novos, seja com pesquisas, com a montagem do experimento, levando em consideração conceitos físicos, seja utilizando argumentos variados com hipóteses, etc. Certamente a efetividade esperada não foi alcançada, mas ocorreu de forma positiva.

Descrição do Experimento 2: o estudante deve executar as simulações no simulador Phet – Sob Pressão. Para tanto, as questões norteadoras serviram de auxílio na aprendizagem.

Questão norteadora “a” – Colocando o manômetro na superfície, qual o valor da leitura? Agora tirando a atmosfera, qual o novo valor identificado? Por que isso ocorre?

Figura 32 – Descrição da questão a pelo Grupo 1

**R: O valor da leitura é de 101.324 kPa. Sem atmosfera o valor da leitura é 0.000 kPa. Acreditamos que isso ocorre pelo efeito específico da retirada da atmosfera, deixando a terra sem gravidade e a pressão atmosférica necessária.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 33 – Descrição da questão a pelo Grupo 2

**a) Na superfície o valor é de 103,769kPa, tirando a atmosfera o valor fica de 0,304kPa. Isso ocorre por conta da ausência de gravidade.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 34 – Descrição da questão a pelo Grupo 3

**MANÔMETRO NA SUPERFÍCIE: 101.325 kPa.**  
**MANÔMETRO NA SUPERFÍCIE - ATMOSFERA OFF: 0.000 kPa.**  
 Isso ocorre porque sem a atmosfera não há pressão sobre o solo. Ela está diretamente relacionada à força da gravidade.

Fonte: Elaborado pelo Grupo 3

Figura 35 – Descrição da questão a pelo Grupo 4

101.324KPa, 00.000KPa, isso ocorre pela falta de pressão feita pela pressão atmosférica. As altitudes mais próximas da superfície tem uma força da gravidade mais intensa o que faz com que as moléculas fiquem condensadas. Assim quanto mais perto você estiver do nível do mar e do centro da Terra maior será a pressão da atmosfera, e sem pressão atmosférica isso não ocorre.

Fonte: Elaborado pelo Grupo 4

Figura 36 – Descrição da questão a pelo Grupo 5

O valor é 107.457 kPa Agora, tirando a atmosfera, qual o novo valor identificado? 0000 kPa  
 Por que isso ocorre? **Porque sem atmosfera tudo relacionado à superfície é 0**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Inicialmente, já se percebe a lacuna deixada pelo primeiro ano de “pandemia”, fazendo ligação com o estudo individual remoto e o estado emocional, observa-se o quanto a aprendizagem dos estudantes ficou comprometida. Mesmo tendo visto os conteúdos de Movimento de Queda Livre e Força Peso, os equívocos envolvendo a Força Gravitacional e sua origem são perceptíveis nos grupos 1, 2 e 5. Este foi outro ponto revisado, de maneira gentil, em aula posterior.

Segue a questão norteadora “b” – Ainda com manômetro na superfície, altere o valor gravitacional para o planeta Marte, e depois para o planeta Júpiter. Quais os valores lidos no manômetro? Por qual motivo você acha que essa diferença ocorre?

Figura 37 – Descrição da questão b pelo Grupo 1

**R: Os valores lidos no manômetro são:**  
**-Em Marte: 38.358kPa**  
**-Em Júpiter: 257.446 kPa**  
**A pressão de Júpiter aumentou em relação à Terra, e a de Marte diminuiu.**  
**O motivo seria que a pressão atmosférica está ligada com a força da gravidade, pois a força vem de origem ao centro do planeta, atraindo tudo que está em cima. Também, gases que circulam pela crosta da terra.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 38 – Descrição da questão b pelo Grupo 2

**b) Marte: 38,472kPa / Júpiter: 258,205kPa. Porque a gravidade em Júpiter é muito maior.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 39 – Descrição da questão b pelo Grupo 3

**MANÔMETRO NA SUPERFÍCIE - VALOR GRAVITACIONAL PARA O PLANETA MARTE**  
**(Gravidade Marte: 3,7 m/s<sup>2</sup>): 38.359 kPa.**

**MANÔMETRO NA SUPERFÍCIE - VALOR GRAVITACIONAL PARA O PLANETA JÚPITER**  
**(Gravidade Júpiter: 24,9 m/s<sup>2</sup>): 257.448 kPa.**

**Essa diferença está relacionada com a distância e a massa dos planetas Marte e Júpiter.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 40 – Descrição da questão b pelo Grupo 4

**Marte: 38.358 KPa. Júpiter: 257.447KPa. Isso ocorre por conta da gravidade ser diferente.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 41 – Descrição da questão b pelo Grupo 5

**0.3786 atm (Marte) e 25408(Júpiter) Por qual motivo você acha que essa diferença ocorre?**  
**Eu acho que é porque a atmosférica de Júpiter é maior pois ser um planeta maior**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Embora o simulador não leve em consideração as alturas da atmosfera e suas composições químicas, boa parte dos discentes estabeleceram a gravidade como fator de mudança na pressão atmosférica.

Segue a questão norteadora “c” – Tire a atmosfera e coloque o manômetro no fundo da piscina vazia. Abra a torneira, com pequena vazão, e observe. Existe relação entre a pressão e o aumento do nível do fluido? Estando a piscina cheia, mude a densidade do fluido para gasolina e depois para mel. Quais leituras obteve e existe relação entre densidade e pressão?

Figura 42 – Descrição da questão c pelo Grupo 1

**R: Sim, pois quando se tem água, vemos a pressão nela presente aumentando.**  
**Leituras obtidas:**  
**-Gasolina: 20.726 kPa**  
**-Mel: 42.044 kPa**  
**Observamos que a pressão muda perante a densidade de cada líquido, sendo assim, a gasolina é menos densa e o mel é super denso aumentando a pressão.**  
**Existe relação entre pressão e densidade, pois quando o líquido é mais denso que a água, a pressão será ainda maior.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 43 – Descrição da questão c pelo Grupo 2

c) Com gasolina: 103.650kPa e com mel: 103.869kPa. Sim, pois quanto maior a densidade maior a pressão.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 44 – Descrição da questão c pelo Grupo 3

Existe sim relação entre a pressão e o aumento do nível do fluido, pois quanto maior o nível do fluido, maior será a pressão.

**MUDE A DENSIDADE DO FLUIDO PARA GASOLINA (Densidade do Fluido Gasolina: 700 kg/m<sup>3</sup>): 20.539 kPa.**

**MUDE A DENSIDADE DO FLUIDO PARA MEL (Densidade do Fluido Mel: 1420 kg/m<sup>3</sup>): 41.664 kPa.**

Existe sim relação entre densidade e pressão, pois quanto maior a densidade, maior será a pressão.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 45 – Descrição da questão c pelo Grupo 4

Sim, conclui-se que quanto maior for a profundidade de um fluido, mais pressão ele exercerá. Caso o líquido seja mais denso que a água, a pressão será ainda maior.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 46 – Descrição da questão c pelo Grupo 5

Eu obtive uma reação de atmosfera diferente nos casos, a gasolina é a menor 0,2037 atm, depois vem água com 0,2905 atm e mel com 0,4133 (eu acho que o mel é maior pois a densidade do mel muiiito maior que os demais líquidos).

Fonte: Elaborada pelo Autor

Sobre a pressão de líquidos, o objetivo aqui foi alcançado visto que todos os grupos fizeram a ligação entre a altura do nível do fluido e de sua densidade com o valor da pressão que ele exerce.

Segue a questão norteadora “d” – A partir dessas simulações, de quais fatores, grandezas físicas, você acha que influenciariam no rompimento de uma barragem? Quais seriam as consequências desse rompimento para a comunidade e a biodiversidade local?

Figura 47 – Descrição da questão d pelo Grupo 1

**R: Podemos considerar o alto nível de pressão atmosférica por conta da densidade da barragem de rejeitos, que contém muitos líquidos densos. Outra grandeza física é a força gravitacional que puxa tudo para o centro da terra. As consequências previstas para o rompimento são de rejeitos químicos no meio ambiente, trazendo mais poluição, e um grande desastre, próximo à moradias, e biodiversidades da região.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 48 – Descrição da questão d pelo Grupo 2

d) A pressão, densidade e a gravidade influenciam no rompimento. Ocasionalmente em deslizamentos de terra, perdas de bens materiais, alteração de ecossistemas e contaminação da água.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 49 – Descrição da questão d pelo Grupo 3

**desse rompimento para a comunidade e a biodiversidade local?** Os rejeitos são muito densos e conseqüentemente a massa e a pressão são maiores, o que acaba forçando a sustentação da barragem, que em razão da gravidade, desaba. As conseqüências desse rompimento afetam primeiramente a fauna e a flora, pois arrasta a vegetação e mata diversos animais. Segundamente, irá alterar a composição original do solo da região por conta de sua composição. Afeta também a água que além de causar a morte do rio, também torna-a imprópria para consumo humano. Além de tudo, vidas humanas acabam sendo interrompidas, como em muitos casos de morte por rompimento de barragens e mesmo que haja sobreviventes, acabam perdendo suas moradias.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 50 – Descrição da questão d pelo Grupo 4

A partir da pressão, altura, e densidade da água. Rompimento da barragem implica imediatamente na morte de peixes e da vegetação, inferindo diretamente na cadeia alimentar e resultando no comprometimento da biodiversidade local, além de destruir muita coisa em volta.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 51 – Descrição da questão d pelo Grupo 5

Diversas consequências, Um rompimento pode destruir casas, matar **pessoas e animais**. Além de destruir muitas árvores, lagoas, etc. Fazendo com que a biodiversidade local se enfraqueça, causando diversos problemas a natureza.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Curioso é que não foram mencionados termos “liquefação” e “Abalo Sísmico” como apareceram nas coletas de informações e nas redações. Creio que eu poderia, de alguma forma, ter dado mais a atenção a essas expressões. Mas a pressão, densidade, altura e gravidade; encontram-se na maioria das respostas.

O simulador foi de grande valia, pois permitiu interatividade e visualização do experimento. Ajudou na construção de respostas às perguntas de forma esperada. Mas não foi muito bem utilizado o espaço para diálogo e perguntas disponibilizado pelo professor, o que poderia ter tornado o estudo pouco mais aprofundado.

No experimento 3, o estudante deve construir uma torre de Líquidos. Para tanto, a questão norteadora “a” – Ao colocarmos substâncias de maior densidade acima de elementos de menor densidade percebemos o processo de separação. Isto ocorre também quando é depositado certo volume de rejeito no topo da Barragem. Qual o nome e como funciona esse evento natural?

Figura 52 – Descrição da questão a pelo Grupo 1

**R: A decantação é um método físico que separa sólidos de líquidos, onde a gravidade puxa o peso para o fundo. Exemplo: na torre de líquidos, substâncias densas são puxadas ao fundo.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 53 – Descrição da questão a pelo Grupo 2

a) **Decantação.** A decantação é um método físico usado para separar misturas heterogêneas que podem ser de dois tipos: (1) líquido-sólido e (2) líquidos imiscíveis...Um exemplo muito importante do uso desse processo de separação de misturas ocorre nas Estações de Tratamento de Água (ETA).

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 54 – Descrição da questão a pelo Grupo 3

**Qual o nome e como funciona esse evento natural?** Essa separação ocorre pelo fato das moléculas serem polares ou apolares, quando dois líquidos (um polar e um Apolar) são unidos não se misturam pois eles não se atraem, podemos ter como exemplo a água e o óleo.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 55 – Descrição da questão a pelo Grupo 4

**Esse evento natural se chama decantação, que faz com que substâncias de densidades diferentes não se misturem**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 56 – Descrição da questão a pelo Grupo 5

Temos q densidade maior e a densidade menor, a densidade menor sempre vai flutuar e maior vai cair pois ela é composta por uma densidade maior que faz com que afunde exemplo (leite e Nescau no copo)

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Para haver comunicação mais profunda, são necessários o entendimento, a negociação – de significados das palavras e dos símbolos. A decantação é um processo que é visto, geralmente, apenas na disciplina de química, e presente nas barragens de rejeitos. Os grupos obtiveram boas respostas sendo algumas de muita pesquisa, o que não é ruim, mas o grupo 3 acabou fazendo certa confusão e trouxe elementos da próxima pergunta.

Para tanto, a questão norteadora “b” – A polaridade das moléculas dos líquidos possui influência na Torre de Líquidos?

Figura 57 – Descrição da questão b pelo Grupo 1

**R: Sim, pois um líquido que é denso, ele tem mais moléculas, por exemplo: óleo de cozinha, e a água é um líquido fluido, que contém menos moléculas.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 58 – Descrição da questão b pelo Grupo 2

**b) Sim.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 59 – Descrição da questão b pelo Grupo 3

**B) A polaridade das moléculas dos líquidos possui influência na Torre? Sim, pois como dito antes, devido à polaridade e à apolaridade eles não se atraem.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 60 – Descrição da questão b pelo Grupo 4

**Sim, Porque quando maior a polaridade, maior a atração entre as moléculas, dificultando a mudança de estado físico**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 61 – Descrição da questão b pelo Grupo 5

**Sim porque quanto maior a polaridade de moléculas ela apresenta mais ligações**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Todos os grupos responderam “sim”, mas com explicações rasas. Apenas o grupo 3 aprofundou sua resposta, mas na questão anterior. A questão tinha o objetivo de verificar o conhecimento e se os alunos conseguiriam relacionar a geometria da molécula. Em aula posterior será retomado.

Para tanto, a questão norteadora “c” – De quais variáveis depende a densidade de um fluido ou corpo?

Figura 62 – Descrição da questão c pelo Grupo 1

**R: Acredito que uma das variáveis pode ser a polaridade das moléculas.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 63 – Descrição da questão c pelo Grupo 2

c) De sua massa total e de seu volume.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 64 – Descrição da questão c pelo Grupo 3

Isso depende do volume ocupado por ele. O volume varia de acordo com a temperatura e a pressão, ou seja, a densidade depende da temperatura e pressão do material.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 65 – Descrição da questão c pelo Grupo 4

A densidade mede o grau de concentração de massa em determinado volume.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 66 – Descrição da questão c pelo Grupo 5

A densidade vai depender do volume:

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Nessa pergunta, o professor se dirigiu ao quadro escrevendo a equação a densidade já vista por eles com a intenção de deixar mais claro o envolvimento das variáveis, bem como comentando a influência da temperatura e pressão. Também sendo retomadas as Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP).

Para tanto, a questão norteadora “d” – Tente relacionar a Torre de Líquidos com o Rejeito de uma Barragem que contenha metais pesados.

Figura 67 – Descrição da questão d pelo Grupo 1

**R: A relação seria que, em uma barragem de rejeitos, ao fundo, temos líquidos densos e sólidos, que são puxados abaixo, e já nas camadas acima, temos líquidos menos densos e água. Da mesma forma, acontece na Torre, onde a separação consta da mesma forma que nas barragens, líquidos pesados ao fundo e fluidos acima.**

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 68 – Descrição da questão d pelo Grupo 2

d) Os metais pesados ficam no fundo com a areia, assim como os líquidos de maior densidade, como o leite, nesse caso.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 69 – Descrição da questão d pelo Grupo 3

**contenha metais pesados.** Possivelmente, pela densidade dos materiais serem pesados eles fiquem separados, como por exemplo, uma espécie de torre.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 70 – Descrição da questão d pelo Grupo 4

Assim como na torre de líquidos os rejeitos das barragens se separam por causa da diferença de densidade entre os elementos.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 71 – Descrição da questão d Grupo 5

Acho que por ele conter metais pesados demais, ele romperia

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Os estudantes até conseguiram fazer certa relação, porém não aprofundada como era esperado pelo docente. Foi observado que a pessoa que respondeu no grupo 5 pensou mais além, ao invés de responder à pergunta. Pelas imagens e relatos dos estudantes, este experimento foi divertido, fácil e bonito de ser feito. Chamo a atenção ao uso de programas de computador como o “Tik Tok” e similares, onde se pode colocar músicas e outros efeitos. O que tornaram as apresentações mais “chamativas” para eles.

No experimento 4, o estudante deve construir um Chafariz e Caixa d’água. A seguir, os procedimentos a serem seguidos:

- 1) Pegue a tampa de uma das garrafas e derreta, utilizando um isqueiro, o plástico até formar um furo em que a mangueira passe. Vede bem, usando cola quente, a tampa e a mangueira. Encha a garrafa de água e tampe-a com a tampa/mangueira. Vire a garrafa e varie a altura na ponta solta da mangueira e da garrafa. Observe.
- 2) Pegue a outra garrafa Pet e encha com água. Tampe-a e faça um furo, com um preguinho fino, a 10cm da base, e outro furo acima a 18cm da base. Abra a tampa e observe.

Para tanto, a questão norteadora “a” – O que você reparou no experimento I?

Figura 72 – Descrição da questão a pelo Grupo 1

**R: A água não passa por toda a mangueira, chega até a metade e volta para a garrafa pet, com bolhas de ar, por causa da pressão atmosférica.**

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 73 – Descrição da questão a pelo Grupo 2

a) Reparamos que a água desceu em um tempo menor do que sem a mangueira;

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 73 – Descrição da questão a pelo Grupo 3

**A) O que você reparou no experimento I? Ao inclinar a garrafa com a tampa para baixo, a água sai pela mangueira como um chafariz, enquanto inclinada para cima, com a base no chão, a água estabiliza somente na garrafa.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 74 – Descrição da questão a pelo Grupo 4

Reparei que a água funciona como um chafariz, sendo que a de baixo sobre (formando um mini chafariz) e a de cima desce, dando a pressão o suficiente para a debaixo subir.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 75 – Descrição da questão a pelo Grupo 5

O experimento 1 foi bem mais complexo que o 2, pois eu demorei muito mais tempo fazendo porém achei mais divertido

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Os enunciados foram assimilados com falta de clareza pelos estudantes. Estes, por sua vez, não comunicaram ao professor. Mesmo tendo encenado em aula o processo de realização das atividades, foi verificado que uma melhor descrição do tutorial de confecção ou a utilização de um vídeo gravado teriam sido mais efetivo. Mesmo com equívocos, as observações foram feitas, e era um dos objetivos.

Para tanto, a questão norteadora “b” – O que você reparou no experimento II? (Antes de abrir a Tampa e após?)

Figura 76 – Descrição da questão b pelo Grupo 1

**R: Com a garrafa tampada, a água não sai pelo furo, faz somente bolhas, e, com a garrafa destampada, observou-se, a água saindo pelos furos feitos com o prego. A pressão dentro da garrafa foi menor que a pressão fora da garrafa, por isso que a água não saiu.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Figura 77 – Descrição da questão b pelo Grupo 2

**b) o vazamento da água se concentrou no furo com maior distância da tampa;**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 2

Figura 78 – Descrição da questão b pelo Grupo 3

**B) O que você reparou no experimento II? (Antes de abrir a Tampa e após)?** Antes de abrir a tampa, a água apresenta uma grande dificuldade de se lançar para fora da garrafa, além de vazar apenas no furo de baixo, perto da base. Já ao abrir a tampa, a água se expele com muita facilidade, nos dois furos, quase na mesma proporção.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 79 – Descrição da questão b pelo Grupo 4

Antes de abrir a tampa, a água permanece na garrafa, e quando abrimos a garrafa ela sai de forma diferente dos furos.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 80 – Descrição da questão b pelo Grupo 5

O meu primeiro experimento aconteceu diversas coisas comparado ao 2 que não aconteceu basicamente nada

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Observações foram realizadas, apesar de algumas descrições serem curtas demais. O grupo 5 aparenta certa dificuldade em responder às perguntas e executar os tutoriais. Ao serem questionados, esporam que não haviam feito o 4º Experimento por falta de tempo e que tentaram responder mesmo assim. Apenas agradei a sinceridade.

Para tanto, a questão norteadora “c” – Tente explicar o experimento I e II.

Figura 81 – Descrição da questão c pelo Grupo 1

**R: A pressão atmosférica que está agindo de fora para dentro das garrafas é maior que a pressão da água, que age de dentro para fora. Como no experimento II, aplica-se uma força por causa dos furos da garrafa e segura a água dentro, mas se abrir a tampa, a pressão entra em ação e faz a água cair.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Grupo 2: (Sem registro de Resposta)

Figura 83 – Descrição da questão c pelo Grupo 3

**C) Tente explicar o experimento I e II.** No experimento 1, a força gravitacional explica o processo de vazamento da água pela mangueira, pois, de ponta cabeça, a água sai da garrafa e passa pela mangueira. De pé, com a base no chão, não. No experimento 2, no momento em que a garrafa pet é aberta, a água vaza imediatamente pelos dois furos, pois a tampa desprende o ar que preenche a garrafa.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 84 – Descrição da questão c pelo Grupo 4

1- quando jogamos a água de cima, ela desce e pressiona a grafia 2, o que empurra a outra água fazendo com que ela forme um chafariz. Sendo a força de baixo sendo maior que a de cima .

2- Com a garrafa tampada, a pressão atmosférica faz força de fora para dentro da garrafa através dos orifícios, o que impede a saída da água. quanto mais baixo estiver o furo, maior será a pressão exercida pela coluna do líquido e, obviamente, mais distante será lançado o líquido.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Grupo 5: (Sem registro de Resposta)

Os grupos que tentaram responder levantaram hipóteses válidas de acordo com o esperado. O grupo 2 e 5 ficaram sem explicação. Perguntando ao grupo 2 o que houve, a resposta foi que o integrante responsável pelo experimento havia recém voltado a frequentar as aulas.

Para tanto, a questão norteadora “d” – Tente relacionar o que observaste com uma Barragem de rejeitos. (muito cheia e pouco cheia)

Figura 85 – Descrição da questão d pelo Grupo 1

**R: Quando uma barragem de rejeitos está pouco cheia, as chances de maior pressão atmosférica e gravitacional para gerar um desabamento são baixas. As barragens são mais reforçadas embaixo para suportar a maior pressão, pois quanto maior a profundidade maior será a pressão da água.**

Fonte: Elaborada pelo Grupo 1

Grupo 2: (Sem registro de Resposta)

Figura 86 – Descrição da questão d pelo Grupo 3 :

Uma barragem muito cheia pode forçar a estrutura que a sustenta, ocasionando um desabamento, assim como quando uma garrafa pet é aberta e sua estrutura já está danificada (furada, no caso), ou quando a água é influenciada a vazar, pela gravidade (experimento 1).  
Uma barragem pouco cheia tem menos chances de desabar, por não forçar a sua estrutura. Assim como uma garrafa pet pouco cheia não consegue alcançar os furos acima de sua base (que podemos relacionar com o limite de rejeitos que devem ser depositados em uma barragem).

Fonte: Elaborada pelo Grupo 3

Figura 87 – Descrição da questão d pelo Grupo 4

Caso haja um vazamento na barragem poderá arretar em grandes problemas, pois assim como no experimento 2, e quanto mais baixo estiver o vazamento, maior será a pressão exercida pela coluna do líquido e, obviamente, mais distante será lançado o líquido, sendo assim podendo levar a destruir tudo em volta.

Fonte: Elaborada pelo Grupo 4

Figura 88 – Descrição da questão d pelo Grupo 5

a barragem ideal é estar média, pois ela pouco cheia é um grande problema, a barragem muito cheia chega a ser mais perigoso ainda pois corre o alto risco de rompimento

Fonte: Elaborada pelo Grupo 5

Respostas coerentes. Apenas o grupo 5 por não realizou o experimento. O aparecimento de termos como pressão, pressão atmosférica, gravidade e coluna de líquido, estabeleceu certa conexão entre a física e as barragens de rejeitos.

Em termos gerais, os experimentos foram bem válidos, e contribuíram para os objetivos do produto serem alcançados. Porém, ficou evidente que o formato híbrido afetou negativamente o processo de aprendizagem. Todavia, mesmo assim, pode-se dizer que o saldo foi positivo. Também será necessária a revisão e remodelagem dos tutoriais, visando à maior clareza na comunicação.

### **6.8 Aula 7 –(Assíncrona) : Atividade Domiciliar III**

A atividade final foi um questionário, conforme o APÊNDICE G, contendo perguntas integradas sobre hidrostática e barragens de rejeitos, a fim de verificar a aprendizagem significativa crítica e a evolução dos estudantes pela análise do questionário final. Chamo a atenção para as perguntas, porque estas não são idênticas ao primeiro questionário, mas sim possuem certa similaridade. Nesse sentido, foi verificado se houve aumento no uso de conceitos, presentes no decorrer da aplicação do produto, e na argumentação de suas respostas.

Os princípios facilitados com maior presença à aquisição da aprendizagem significativa crítica foram: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos; 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas; 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos; 4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.); 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.); 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros; 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.); e 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.).

O registro foi feito no Google *Classroom*, utilizando-se da ferramenta *Google Forms*, com total de 27 participantes dessa vez. Abaixo, temos a imagem da tela inicial do formulário utilizado e algumas respostas dos estudantes.

Imagem 89 – Cabeçalho do Questionário Final de Hidrostática



## Questionário Final (Hidrostática)

Bom dia. Essa atividade é muito IMPORTANTE.

- Vale 2 ponto apenas por responder com os seus conhecimentos.
- Não pesquisar, copiar ou usar calculadora.
- Pode dizer "não sei", mas também pode imaginar algo muito louco.
- Todas respostas serão bem vindas. Tente responde-las.

Fonte: Elaborada pelo Autor

**Questão 1.** O volume de rejeitos despejados para o meio ambiente no acidente envolvendo o rompimento da Barragem do Fundão no município de Mariana (MG), segundo a revista Arquivos (Arquivos do Museu de História Natural da UFMG), foram de 34 milhões de  $m^3$ . Com o intuito de averiguar as noções de volume, escreva dois exemplo de objetos do cotidiano que possuem dimensões aproximadas de:  $1mm^3$ ,  $1cm^3$ ,  $1dm^3$ e  $1m^3$ .

Quadro 16 – Respostas referentes à questão 1

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	$1mm^3$ um fio uma célula, $1cm^3$ uma pedrinha, um lápis, $1dm^3$ um cubo um paralelepípedo, $1m^3$ um chuveiro um aquário
<b>Aluno B</b>	$1mm^3$ : a ponta de um lápis apontado $1cm^3$ : um dado $1dm^3$ : uma garrafa pet de um litro $1m^3$ : uma mesa de centro
<b>Aluno C</b>	não sei
<b>Aluno D</b>	$1mm^3$ : um grão de açúcar, um grão de areia $1cm^3$ : uma moeda de um real, um grão de ervilha $1dm^3$ : uma régua, uma borracha

	1m <sup>3</sup> : um controle remoto, uma carteira
<b>Aluno E</b>	1dm <sup>3</sup> - caixa de leite (1 litro). 1m <sup>3</sup> - uma caixa d'água com capacidade de 1000 litros

Fonte: Elaborado pelo Autor

Assim como a questão 2 do questionário 1, relacionada com a área, essa pergunta possui a intenção de verificação de conhecimento e fazer possível interdisciplinaridade com o componente curricular de matemática, na qual estavam sendo ministrados os conteúdos de geometria plana e espacial. Três estudantes corresponderam completamente à interrogação. Quinze parcialmente e 9 respostas “não sei” ou “não entendi”, sendo cinco de alunos que voltaram a frequentar as aulas.

Gráfico 2 – Porcentagem das respostas para a questão 1



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 2.** Qual é a massa de 1000cm<sup>3</sup> de rejeito de minério sabendo que sua densidade é 3,5 g/cm<sup>3</sup>?

Quadro 17 – Respostas referentes à questão 2

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	3500g/cm <sup>3</sup> ? não sei
<b>Aluno B</b>	$D=m \quad 3,5= m \quad m= 1000 \times 3,5= 3,500g$

<b>Aluno C</b>	não sei
<b>Aluno D</b>	$d=m/v$ 3,5g/cm <sup>3</sup> =?g/1000 cm <sup>3</sup> 35000 gramas
<b>Aluno E</b>	$D= m/v$ 3500gramas

Fonte: Elaborado pelo Autor

Questão com o objetivo de observar a aplicabilidade da expressão matemática para achar a densidade onde foi registrado poucas respostas incorretas e poucos escreveram “não sei”. Foi observado também três equívocos no uso da vírgula.

Gráfico 3 – Porcentagem das respostas para a questão 2



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 3.** Quais as possíveis Grandezas Físicas que influenciaram na ruptura das barragens de Mariana e Brumadinho? Por quê?

Quadro 18 – Respostas referentes à questão 3

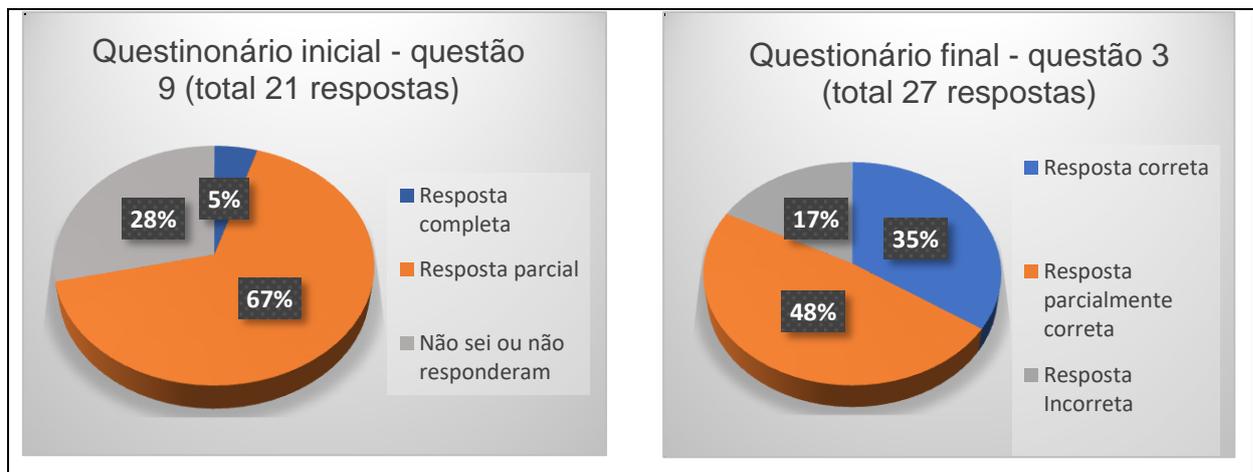
<b>Integrante</b>	<b>Respostas</b>
<b>Aluno A</b>	Pressão Hidrostática;- Densidade;- Massa;- Gravidade;- Força. Porque rejeitos de minério são muito densos, consequenteme a massa e a pressão são maiores, o que acaba forçando a

	sustentação da barragem, que em razão da gravidade, desaba.
<b>Aluno B</b>	a densidade e a força, acredito que tenha tido um grande volume de água da chuva e que, sendo assim, a barragem não aguentou segurar.
<b>Aluno C</b>	massa corporal, tempo e força
<b>Aluno D</b>	O atrito- estava muito baixo entre o solo, inclinado. A pressão- por conta da força e pressão da lama entre o solo, ou o aumento da pressão da água que passa a denominar Densidade- O despejo da lama criou uma grande densidade
<b>Aluno E</b>	Pressão hidrostática, densidade, massa, força e gravidade. A razão disso ocorrer, se deve pelo fato de que os rejeitos da barragem são densos demais, por conta disso a massa e a pressão se tornam maiores, forçando a barragem a se romper e desabar em consequência da gravidade.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para investigar a inserção de conceitos físicos nos acidentes ocorridos com em Minas Gerais sendo similar a questão 9 do questionário 1. O aluno C voltou a frequentar as aulas no mês de dezembro, agradando-nos com a sua tentativa de resposta fora de contexto. Abaixo, o gráfico comparativo entre esta questão e a questão 9 do questionário 1.

Gráfico 4 – Comparativo I referentes aos Questionários inicial e final



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 4.** Ao subir o Morro da Borússia, aproximadamente 380m de altura, geralmente sentimos um “estourinho” no ouvido. Tente explicar a ocorrência desse fato.

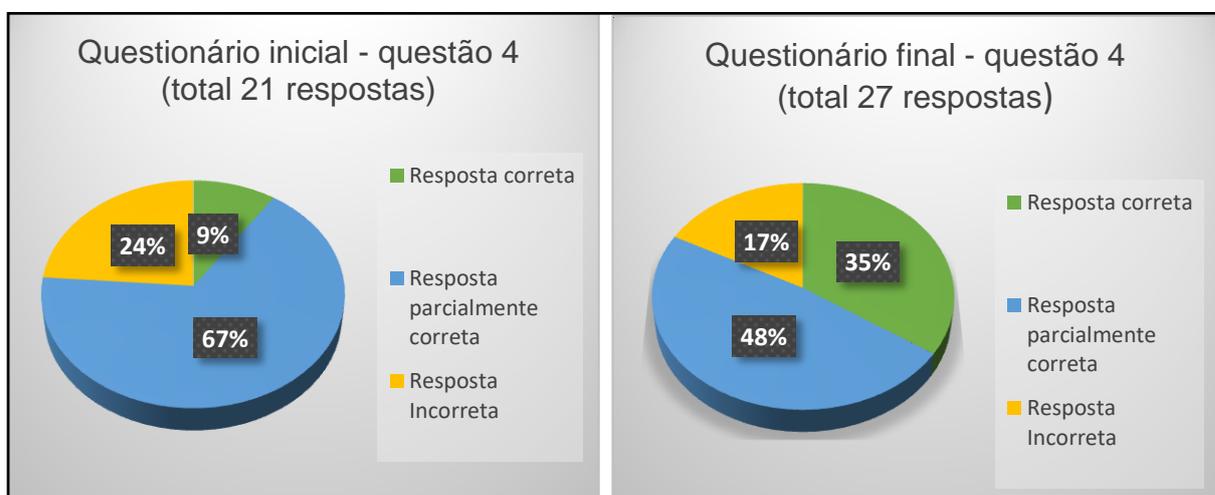
Quadro 19 – Respostas referentes à questão 4

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	Porque a pressão interna do nosso ouvido fica desbalanceada em proporção a atmosfera
<b>Aluno B</b>	O problema que provoca incômodos no ouvido devido às alterações de pressão é tecnicamente chamado de BAROTRAUMA. É causado pela obstrução da tuba auditiva (trompa de Eustáquio), responsável por restaurar o equilíbrio do ouvido em situações como caminhadas em locais altos (Morro da Borússia, por exemplo), mergulhos e viagens de avião. Ou seja, durante variações de pressão. Quando subimos o Morro da Borússia (maior altitude) a pressão externa diminui e o tímpano é empurrado para fora.
<b>Aluno C</b>	Isso acontece por que quando estamos a um nível elevado comparado com o do mar, a pressão atmosférica aumenta. Quanto mais longe da altura do mar, mais a pressão aumenta.
<b>Aluno D</b>	Por opinião própria, acredito que seja pela pressão atmosférica exercendo com mais força sobre nosso corpo, e por mais altitude exercida é o jeito que nosso corpo responde
<b>Aluno E</b>	A altitude diminui a pressão. Por ser mais alto, a nossa pressão externa no morro fica desregulada, ocasionando esse fenômeno nos nossos ouvidos.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Questão idêntica à do questionário 1. Apareceram alguns equívocos até mesmo dos estudantes que participaram de todas as aulas. Houveram trechos pesquisados em poucas respostas, mas comparando os gráficos abaixo podemos perceber elevação no número de respostas corretas e parcial corretas. Apesar do questionário não ter sido presencial, como programado inicialmente, a maior parte seguiram as orientações, como, por exemplo, evitar fazer pesquisas para que este objeto de estudo tivesse maior credibilidade.

Gráfico 5 – Comparativo II referentes aos Questionários inicial e final



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 5.** Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa.

Quadro 20 – Respostas referentes à questão 5

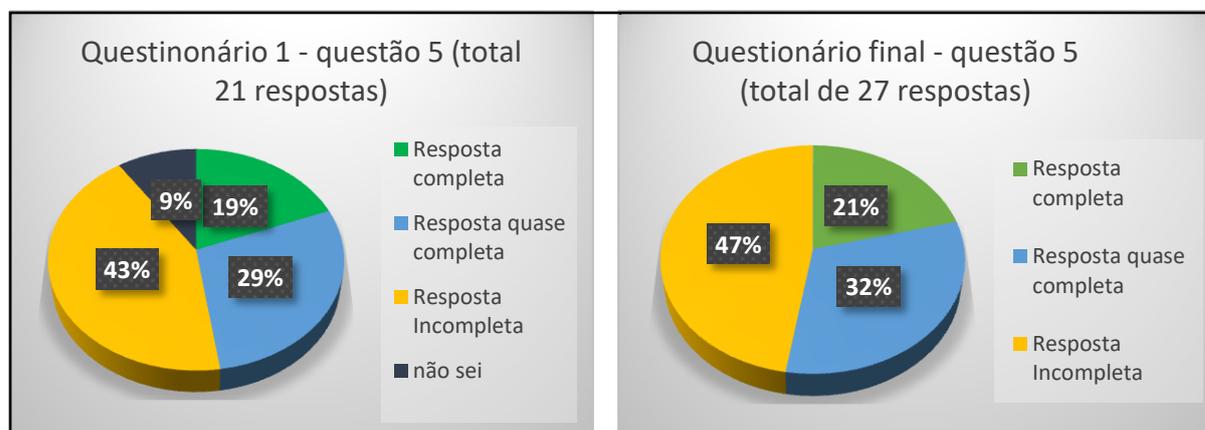
Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	Por causa do sal a densidade da água do mar é maior, logo existe um maior empuxo.
<b>Aluno B</b>	Porque a densidade da salgada é maior. Quando um corpo é imerso em qualquer líquido, este exerce uma força para deslocar o corpo e voltar a sua forma inicial. ... Quanto maior a densidade, maior o empuxo
<b>Aluno C</b>	Por conta da água salgada.
<b>Aluno D</b>	Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa.
<b>Aluno E</b>	Por que nos mar, em função do sal a água se torna mais densa o que facilita que o nosso corpo possa flutuar.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Questão também idêntica à do questionário 1. Surgiram respostas completas, quase completas e incompletas. Percebeu-se também o uso de pesquisa, pois o

conteúdo de Empuxo ainda não foi ministrado. Em comparação entre os gráficos, houve evolução positiva.

Gráfico 6 – Comparativo III referentes aos Questionários inicial e final



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 6.** Uma Barragem de rejeito de minério, hipotética, foi construída perto da sua cidade. Você percebe que se ela rompesse iria causar danos à cidade e ao meio ambiente. O que você faria?

Quadro 21 – Respostas referentes à questão 6

Integrante	Respostas
Aluno A	Tamparia com cimento
Aluno B	Bom, como a Barragem de Rejeitos de Minério já estaria construída, não teria muito o que fazer para reverter esse quadro, ou seja, impedir que construíssem a mesma na cidade. Então eu basicamente, com muito ódio e aperto no coração, me retiraria do local e iria para uma área mais afastada, não sei como, mas daria um jeito. Apesar das barragens serem muito importantes para que os rejeitos de minério sejam armazenados de forma adequada, caso haja o rompimento de uma, os estragos que ela causa são gigantescos, desde bens materiais, fauna e flora até vidas humanas.
Aluno C	Tentaria sair de perto o mais rápido possível e avisar as autoridades.
Aluno D	Não teria muito o que EU fazer se ela ja estivesse construida

Aluno E	Procuraria as autoridades locais, órgãos ambientais e os responsáveis pela obra para que o problema fosse resolvido o quanto antes.
---------	---

Fonte: Elaborado pelo Autor

A intenção era de torná-los ativos nas questões sociais que lhes influenciam diretamente. Mesmo após curtas discussões ocorridas, após as atividades de leituras midiáticas e confecção das redações, confesso que esperava atuação de maior número de alunos.

**Questão 7.** Em relação à questão 6, você se preocuparia mais em épocas de seca ou de chuvas? Por quê?

Quadro 22 – Respostas referentes à questão 7

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	Eu me preocuparia mais em épocas chuvosas, pois como vimos em exemplos anteriores, mais precisamente no rompimento da Barragem de Rejeitos de Brumadinho (MG), os possíveis motivos do rompimento se deram através da liquefação (apontada como a causa principal), sendo um processo que ocorre naturalmente e que pode ser provocado por excesso de chuvas. De acordo com especialistas, eles apontaram uma redução de resistência devido à infiltração das chuvas fortes na região nos dias anteriores.
<b>Aluno B</b>	Me preocuparia mais com chuvas, tendo como exemplo o que aconteceu em Brumadinho (MG), que foi rompido pela liquefação, causado pelo excesso de chuvas.
<b>Aluno C</b>	de seca por causa das plantações
<b>Aluno D</b>	De chuvas. Porque, geralmente, o rompimento de barragens, aliado ao descaso dos responsáveis, se dá devido à chuvas volumosas na região. Isso acontece, provavelmente, porque o volume de rejeitos aumenta (misturado com a água), o que facilita o rompimento da barreira de sustentação.
<b>Aluno E</b>	Me preocuparia mais em épocas chuvosa, pois já tivemos exemplos de rompimentos anteriores (como o de Brumadinho) que se deram majoritariamente através da liquefação, processo

	que ocorre naturalmente provocado pelo excesso de chuvas.
--	---

Fonte: Elaborado pelo Autor

Algumas respostas bem formuladas, utilizando argumentos, outras simples. O termo liquefação apareceu em boa parte das respostas, e a causa das chuvas um fator preocupante. À exceção do Aluno C, que é um dos 4 discentes que voltaram a frequentar as aulas ao final do ano

**Questão 8.** Você se preocuparia com a forma e material usada na construção dessa barragem referida na questão 6? Por quê?

Quadro 23 – Respostas referentes à questão 8

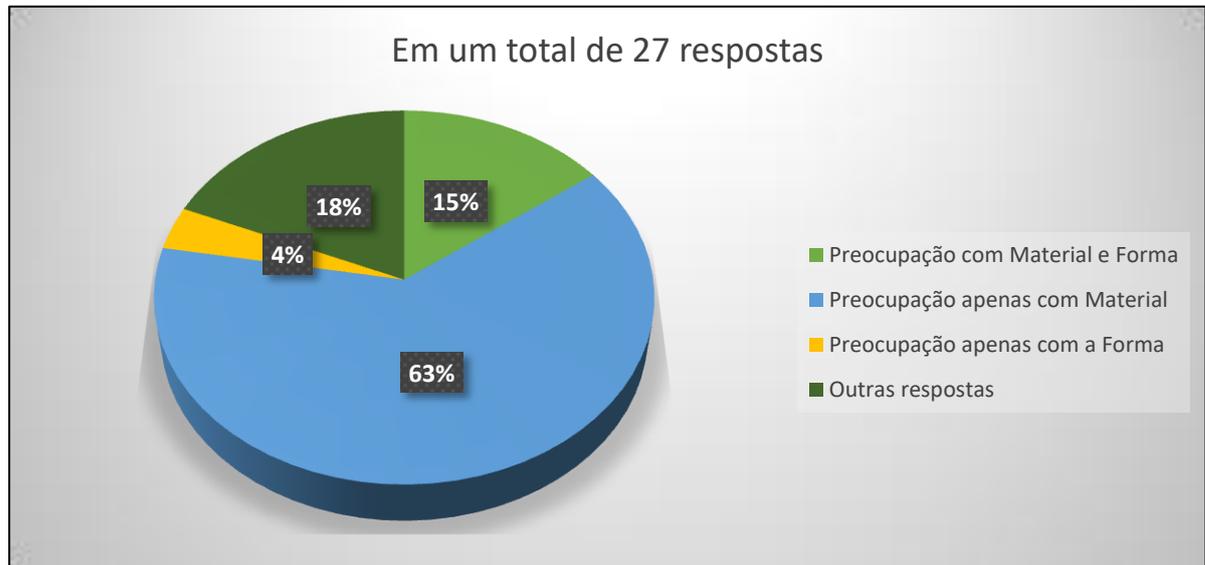
<b>Integrante</b>	<b>Respostas</b>
<b>Aluno A</b>	Sim, porque o material precisa aguentar grandes pressões.
<b>Aluno B</b>	Sim, pois uma das possibilidades do rompimento de uma barragem é por conta do material inadequado ou pela escolha do mais barato, se fosse um material bom seria menos uma preocupação com a possibilidade de um rompimento.
<b>Aluno C</b>	Me preocuparia, por que está é uma obra de grande porte e com altos níveis de perigosidade, então tem que ser um material feito com muita resistência, fiscalizado, é feito por bons engenheiros
<b>Aluno D</b>	Sim, se ela for construída a montante, o método mais barato, tornando-se íngreme. Se torna perigoso pois sua barreira recebe os próprios rejeitos.
<b>Aluno E</b>	Com certeza. Porque a barragem feita à jusante é a mais segura, diferente dos outros dois tipos existentes, que causam mais rompimentos.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Todos responderam que sim. Mas a grande maioria se preocupou apenas sobre o material que seria feito a barragem, e poucos trouxeram o cuidado com o material e forma. Também era esperada uma percentagem maior para alunos que identificassem tanto a importância do material quanto a do formato, já que as

barragens de rejeitos, em sua maioria, são utilizados materiais como Barro, o próprio Rejeito e argila.

Gráfico 7 – Porcentagem de respostas referentes à Questão 8



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 9.** Qual a pressão total existente no fundo da Barragem, descrita na questão 6, sendo a densidade média do rejeito fluido de  $3500\text{kg/m}^3$  e altura de 15m. (utilize  $g = 10\text{m/s}^2$  e  $P_0 = 100000\text{Pa}$ )

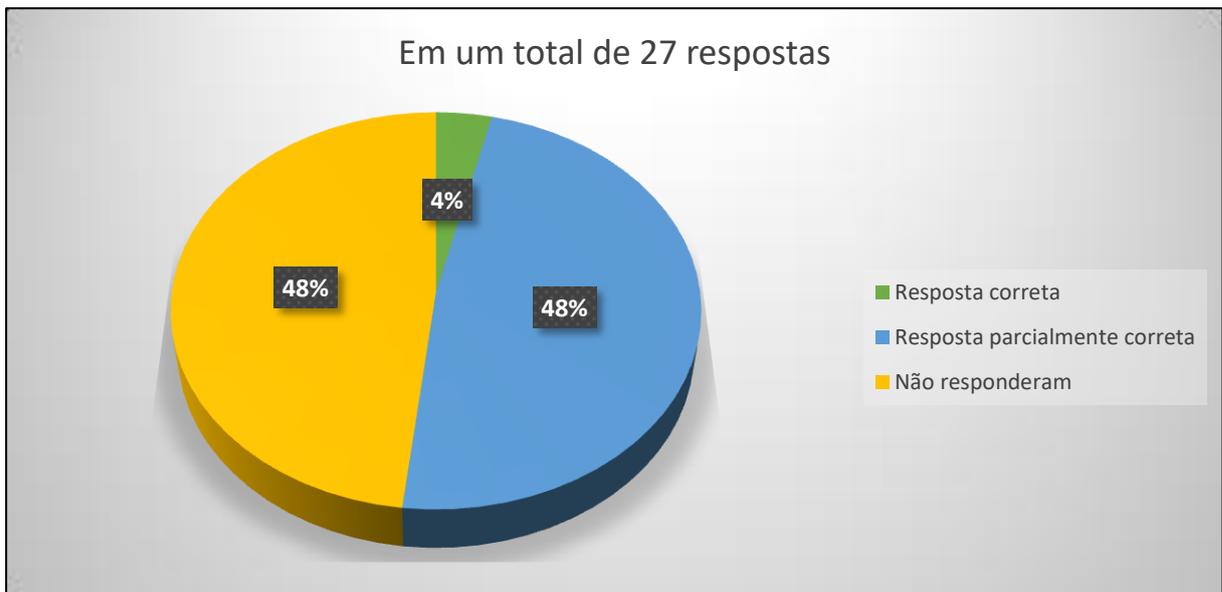
Quadro 24 – Respostas referentes à questão 9

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	$d = 3500 \text{ kg/m}^3$ ; $P = d.g.h$ $h = 15 \text{ metros}$ ; $P = 3500 \times 10 \times 15\text{g} = 525000 \text{ Pa}$ $\rightarrow P_0 = 100000 \text{ Pa}$ . $P = ? = 525000 \text{ Pa}$
<b>Aluno B</b>	$10^5 + 525000\text{m}^3$
<b>Aluno C</b>	Não sei
<b>Aluno D</b>	dificuldade em resolver essa questão.
<b>Aluno E</b>	Não sei como fazer.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Muitos não responderam mostrando que a parte matemática necessita de mais atenção. Antes da pandemia, esse cenário já se apresentava como um entrave no desenvolvimento do ensino de matemática, física e química. Outro fator que contribuiu, e comparando com outras turmas do segundo ano, foi a redução de exercícios que o produto proporcionou em relação ao ensino que ocorreu nas outras turmas.

Gráfico 8 – Porcentagem de respostas referentes à Questão 9



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Questão 10.** Com sinceridade responda: quais dificuldades, facilidades e sugestões; encontres nessa metodologia aplicada sobre Hidrostática?

Quadro 25 – Respostas referentes à questão 10

Integrante	Respostas
<b>Aluno A</b>	$d = 3500 \text{ kg/m}^3$ ; $P = d \cdot g \cdot h$ $h = 15 \text{ metros}$ ; $P$ Gostei da parte interativa sobre os experimentos e apesar das explicações senti dificuldade na hora de utilizar as fórmulas e resolver os exercícios.
<b>Aluno B</b>	<b>DIFICULDADES:</b> Encontrei muitas dificuldades nessa metodologia aplicada sobre Hidrostática, porque por mais que o professor Tiago tenha explicado muito bem, assim como os materiais e atividades, eu tive uma certa dificuldade para

	<p>discernir todo o material trabalhado, então sofri com algumas questões, por mais que o pensamento pudesse ser livre.</p> <p><b>FACILIDADES:</b> Conteúdo bem explicado, materiais bem elaborados, aulas legais, professor bacana e ajuda dos colegas. Todos esses exemplos contribuíram para que eu tivesse mais facilidade em resolver e entender a metodologia aplicada sobre Hidrostática.</p> <p><b>SUGESTÕES:</b> Nada a declarar.</p>
<b>Aluno C</b>	A maior dificuldade para mim foi aprender tudo ao mesmo tempo, já que tem bastante informação e exige muita atenção.
<b>Aluno D</b>	O que mais me interessou foi o aproveitamento de resíduos
<b>Aluno E</b>	<p>Dificuldades: Confesso que sofri um pouco ao realizar as atividades propostas, apesar de serem de pensamento livre, mas com a explicação do professor e ajuda de colegas tudo se dá um jeitinho :), Facilidades: Algumas das questões tive mais facilidade, pois como disse, as aulas passadas e a colaboração de alguns colegas tornou este conteúdo mais agradável.</p>
<b>Aluno F</b>	As maiores dificuldades foi de entender o conteúdo por ser muito complexo, as regrinhas que são bastantes e etc. O que eu mais gostei foi o trabalho, que foi uma maneira diferente da gente aprender na prática, das explicações e da facilidade de tirar dúvidas com o professor
<b>Aluno G</b>	eu fiquei com mais dificuldade nesta metodologia que o sor deu de Hidrostática.
<b>Aluno H</b>	Apesar de ter certa dificuldade na primeira olhada nas questões (por já ter dificuldade em física), o professor ensinou o conteúdo de uma forma bem clara e com vários exemplos, facilitando a familiarização com o conteúdo, então não foi tão difícil responder as questões, ter a liberdade de ser sincera quando não entendi alguma questão ou não consegui responder também ajuda muito :)
<b>Aluno I</b>	Achei interessante, pois são assuntos pouco abordados mas importantes de comentarmos, e foi de boa interação trazer um tema diferente que conseguimos estudar o conteúdo junto.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em uma análise mais geral, constatou-se que, o estudante que participou e interagiu mais durante as aulas, obteve melhor proveito e êxito em suas tarefas.

Em sua maioria, os alunos presenciais. A matemática, sendo o objeto de maior dificuldade, e o experimentos, tendo maior apreciação.

Mesmo o ensino de forma híbrida ter sido um entrave na fluidez do produto, e no ensino “normal” em que estão acostumados, observou-se na turma aplicada um aumento nos questionamentos e levantamentos de hipóteses nas aulas posteriores. Tendo melhor desempenho nas questões de Enem empregadas no mês de outubro. Entretanto, mostraram-se com dificuldades nos exercícios matemáticos.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do momento pandêmico em que estamos vivendo, várias alterações no produto tiveram que ser feitas em relação à proposta inicial, situação anterior à pandemia. As adaptações realizadas visando à melhor efetividade da sequência didática na utilização do modo de ensino híbrido levaram em conta: tempo de aula, material estruturado para cada aula, estado emocional dos estudantes, organização das aulas, experimentos e a forma de reunião em grupo pelos discentes. Tendo como base a aprendizagem significativa de Ausubel e a Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Moreira, a aplicação do produto proporcionou aos estudantes diferentes situações de análise e compreensão, que possibilitaram possíveis aprendizagens relacionadas com a Hidrostática, utilizando-se o contexto dos rompimentos das Barragens de Rejeitos, ocorridos no município de Mariana (MG) e Brumadinho (MG). O uso desse tema sociocientífico foi de suma importância, pois verifiquei aumento do interesse na maior parte da turma, ainda mais quando colocados em posição de opinião e pesquisa.

Houve a necessidade de acrescentar mais um período de aula, visando o término da sequência didática e a correção do questionário final. Esse período também abrangeu as dúvidas dos estudantes, as quais surgiram durante as atividades experimentais. Foi um momento em que eles participaram ativamente apresentando as facilidades e as dificuldades que encontraram ao executar a construção dos experimentos, além de analisarem o conteúdo de suas respostas. Os conteúdos Princípio de Pascal e Empuxo foram ministrados nas aulas seguintes, também por consequência da adaptação dos tempos de aulas.

Para finalizar a sequência Didática, sanando as dúvidas que surgiram durante as atividades experimentais e para corrigir o questionário final, foi necessário a utilização de mais um período. Isso devido a situação de adaptação já referida causada pela pandemia. Foi um momento em que os estudantes participaram ativamente colocando as facilidades e dificuldades que encontraram durante construção dos experimentos, além de analisar o conteúdo de suas respostas.

Os princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica, usados na laboração das atividades, foram potencializadores no processo do ensino. Embora

não muito perceptível durante as aulas, após a aplicação do produto foi percebido diferença em relação às turmas do ensino “normal”, sendo observado que tornou-os mais ativos e questionadores, não só sobre assuntos das aulas como de outros assuntos externos.

Assim, acredito que tal pesquisa tenha colaborado e ampliado à inserção do tema sociocientífico para o desenvolvimento de atividades no ensino de Física, uma vez que um material didático pedagógico foi proposto, contendo orientações para a sua aplicação e desenvolvimento em sala de aula, abordando os conceitos de Hidrostática a partir do tema Barragens de Rejeitos ao utilizar diversas estratégias de ensino.

Ao fim, analiso enquanto positivos os resultados verificados já que foi desenvolvida a criticidade vinculada às barragens de rejeitos. Mesmo não obtendo os resultados esperados no momento, o estudo se mostrou potente, pois, no decorrer das aulas seguintes, outros assuntos foram tratados pelos estudantes com mais proatividade e com ampla visão.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científico-tecnológica pra quê? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 03, n. 1, p. 122–134, 2001.
- CARDOZO, .Fernando Alves Cantini ; **Barragens De Rejeito De Mineração: Considerações Gerais e Aspectos Geotécnicos**, 2019.
- DA COSTA, Alice Scherer. **Desenvolvimento de uma Proposta para o Ensino de Hidrostática voltada para a Aprendizagem Significativa**, (2007).
- FEITOSA, Valdimir Meneses de Brito. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa em Hidrostática**. (2017)
- GREGORCIC, Bor; Bodin, Madelen: Algodo: **A tool for encouraging creativity in physics teaching and learning**. In: **The Physics Teacher**, pp. 25–28, 2017.
- HEWITT. Paul. **Física Conceitual**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2002. 9ª edição.
- LIMA, Luiz Paulo Fernandes. **Ensino de Hidrostática voltada para Irrigação de Frutos e Hortaliças, através da Aprendizagem Significativa**, (2016).
- LUZ, Adão Benvindo; LINS, Fernando A. Freitas **Introdução ao Tratamento de Minérios CETEM**, Rio de Janeiro Agosto/2010
- MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **A Visão Etnográfica De Bruno Latour Da Ciência Moderna E a Antropologia**. Revista Brasileira de Ensino Ciência e Tecnologia, v. 10, n. 3, p. 61–80, 2017.
- MEIRELES, F. S., Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Socioambientais; Curso Segurança de Barragens; FUNDAÇÃO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU – BRASIL
- MONTEIRO, Alciene Balica. **Aplicação de Kit didático em aula de Hidrostática no Ensino Médio na perspectiva da Aprendizagem Significativa**. (2019)
- MOREIRA, M. A., **O que é afinal aprendizagem significativa? (After all, what is meaningful learning?)**. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012
- MOREIRA, M. A., Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.) (1997). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. Pp. 19-44.
- MOREIRA, M. A., **Abandono da Narrativa, Ensino Centrado no Aluno e Aprender a Aprender Criticamente**, VI Encontro Internacional e III Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, São Paulo, SP, 26 a 30 de julho de 2010

MOREIRA, M. A., **Aprendizaje Significativa Crítica**, Publicada também em Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010;

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. V. 2.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma Análise de pressupostos teóricos de abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da educação Brasileira**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, p. 110–132, 2000.

SOARES, LINDOLFO; **Barragem de Rejeitos** Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios, 5ª Edição – Capítulo 19 – p. 831–896. Editores: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina A. França, 2010.

VÁSQUEZ ARNEZ, Fernando Ivan; SOARES, Lindolfo. **Avaliação das principais causas de acidentes em barragens de contenção de rejeitos devido a fatores geológicos e geotécnicos**. 1999. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

WINNER, L.. **La ballena y el reactor: em búsqueda de los limites em la era de la alta tecnologia**. Barcelona: Gedisa, 1987

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – ATIVIDADE DOMICILIAR I



#### ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO ILDEFONSO SIMÕES LOPES

Disciplina: Física

Professor: Tiago Antônio Gomes da Silva

Data: 18/06/2021

#### Atividade de Física Assíncrona I

(0,5 pontos)

Assistir aos vídeos abaixo e ler a reportagem, ambos com atenção, e fazer um levantamento de pontos importantes, tanto favoráveis quanto não favoráveis, em relação as barragens de rejeitos. Essas informações possivelmente serão utilizadas na **construção de uma redação para a próxima aula**.

**- Quais os possíveis motivos das Barragens de Rejeitos, localizadas em Mariana(MG) e Brumadinho(MG), romperem?**

Mariana – vídeo

I – **Vídeo mostra momento em que barreira se rompe e libera lama; G1 – Minas Gerais.** Disponível em < <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/ideo-mostra-momento-em-que-barreira-se-rompe-e-libera-lama.html> > . Acesso em 14 de maio de 2021.

Brumadinho – vídeo

II – **Imagens mostram rompimento da barragem em Brumadinho; Jornal da Noite – Band Jornalismo.** Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=xyhaCbVtR9Q>>. Acesso em 13 de maio de 2021.

Notícias

III -**Especialistas divulgam as causas do desastre em Brumadinho; Jorna Nacional – G1.** Disponível em <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2019/12/12/especialistas-divulgam-as-causas-do-desastre-em-brumadinho.ghtml>>. Acesso em 14 de maio de 2021

IV – CHAGAS, Inara. **Barragem de rejeitos e os casos Mariana e Brumadinho; Meio Ambiente – Politize!.** Disponível em <https://www.politize.com.br/barragem-de-rejeitos/> . Acesso em 18 de maio de 2021

## APÊNDICE B – AULA SÍNCRONA – REDAÇÃO

ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO ILDEFONSO SIMÕES LOPES

Disciplina: Física  
24/06/2021

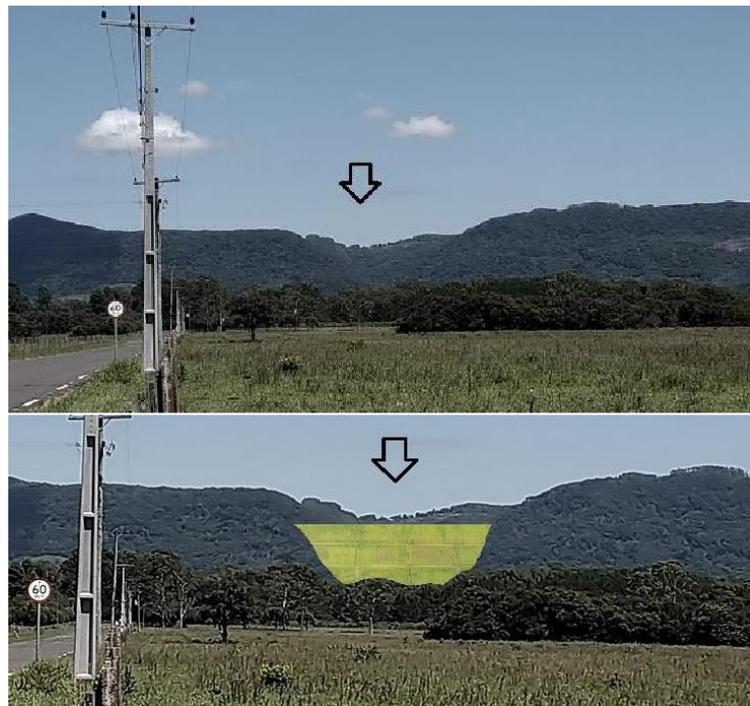
Professor: Tiago Antônio Gomes da Silva Data:

**Atividade de Física Síncrona II**  
(2,0 pontos)

Instruções para a redação argumentativa

Imagine que uma empresa mineradora tem interesse em construir uma barragem de rejeitos ao lado da cidade de Osório e a prefeitura decidiu consultar a população sobre o assunto. Posicione-se usando diferentes argumentos se você é a favor ou não da construção da barragem. (faça um texto de 20 a 25 linhas contendo: Introdução, Argumento 1, Argumento 2 e Conclusão).

Anexo: Local da possível barragem imaginativa



(Morro de Osório – Rampa Norte. Foto: Acervo do autor)

## APÊNDICE C – ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DAS EXPRESSÕES MATEMÁTICAS



### ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO ILDEFONSO SIMÕES LOPES

Disciplina: Física  
Data: 31/06/2021

Professor: Tiago Antônio Gomes da Silva

#### **Atividade de Física Síncrona III – Expressões Matemáticas**

a) Questionário orientado construído em Aula

Aula 3: – questionário orientado pelo professor promovendo o levantamento de hipóteses, com certa análise e objetivo de construção das expressões matemáticas.

- 1- Ao martelar um prego em uma madeira (cortar um pedaço de queijo com uma faca), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?
- 2- Qual a pressão que você, estando ereto, exerce sobre o chão? Quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?
- 3- Imaginando agora que estamos mergulhando no mar com tanque de oxigênio. O que acontece com o nosso corpo, sensações perceptíveis, à medida que nos deslocamos em direção ao fundo do mar? Consideração apenas a coluna de água acima de nós, quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?
- 4- Levando em consideração as condições do exercício 3. Se adicionássemos a pressão atmosférica, coluna de ar estando ao nível do mar e medida por Torricelli (760mmHg), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

#### **Curiosidades sobre algumas unidades de pressão e lugares que os utilizam:**

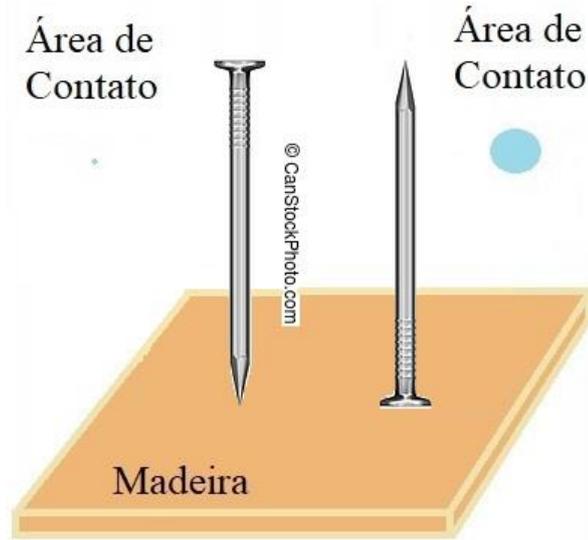
Unidade	Símbolo	Corresponde a	Pais / Região
Pascal	Pa	1 bar = 100.000 Pa	-
Bar	bar	1 bar = 1 bar	Europa Ocidental
Quilopascal (kPa)	kPa	1 bar = 100 kPa	Australia
Megapascal	Mpa	1 bar = 0,1 Mpa	China
Libras por polegada quadrada	psi	1 bar = 14,5 psi	América do Norte
Quilograma força por centímetro quadrado	kgf/cm <sup>2</sup>	1 bar = 1,02 kgf/cm <sup>2</sup>	Índia, Coréia
Polegadas de mercúrio	inHg	1 bar = 29,53 inHg	América do Norte

Fonte: <https://blog.wika.com.br/know-how/unidades-de-pressao-internacionais/>. Retirado em: 02/02/2021.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO COM POSSÍVEIS RESPOSTAS

- 1- Ao martelar um prego em uma madeira (ou cortar um pedaço de queijo com uma faca), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

=>Obteremos a expressão:  $P = \frac{F}{A}$  sendo unidades  
 [P] = pressão ..... Pa (Pascal)  
 [F] = força ..... N (Newton)  
 [A] = área ..... m<sup>2</sup> (metro quadrado)



Fonte: Acervo do Autor

- 2- Qual a pressão que você, estando ereto, exerce sobre o chão? quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

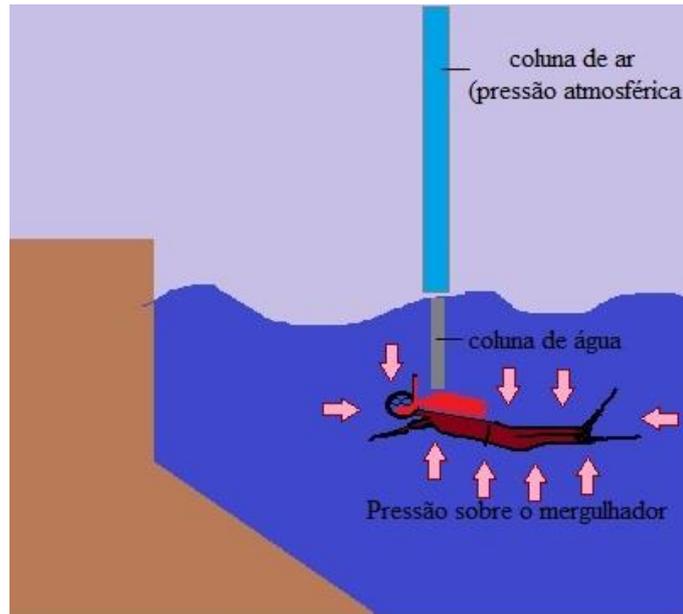
=>Obteremos a expressão:  $P = \frac{m \cdot g}{A}$  sendo Unidades  
 [m] = massa ..... kg  
 [g] = aceleração gravitacional ... m/s<sup>2</sup>

- \*(lembrando que força peso é  $p = m \cdot g$ )
- \*\* (exemplificar com desenho no quadro ou com algum voluntário)
- \*\*\* ( solicitar que meçam a área do solado dos seus pés com a régua)

- 3- Imaginando agora que estamos mergulhando no mar com tanque de oxigênio. O que acontece com o nosso corpo, sensações perceptíveis, à medida que nos deslocamos em direção ao fundo do mar? Consideração apenas a coluna de água acima de nós, quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

=>Obteremos a expressão: Unidades(S.I.)  
 $P = \frac{\rho_f \cdot V \cdot g}{A}$ ; simplificando  $P = \rho_f \cdot g \cdot h$   
 [ρ] = densidade do fluido ..... kg/m<sup>3</sup>  
 [V] = Volume ..... m<sup>3</sup> (metro cúbico)  
 [h] = altura ..... m (metro)

\*(lembrando que massa é:  $m = \rho \cdot V$  ; e simplificando  $\frac{V (m^3)}{A (m^2)} = h (m)$  (altura))

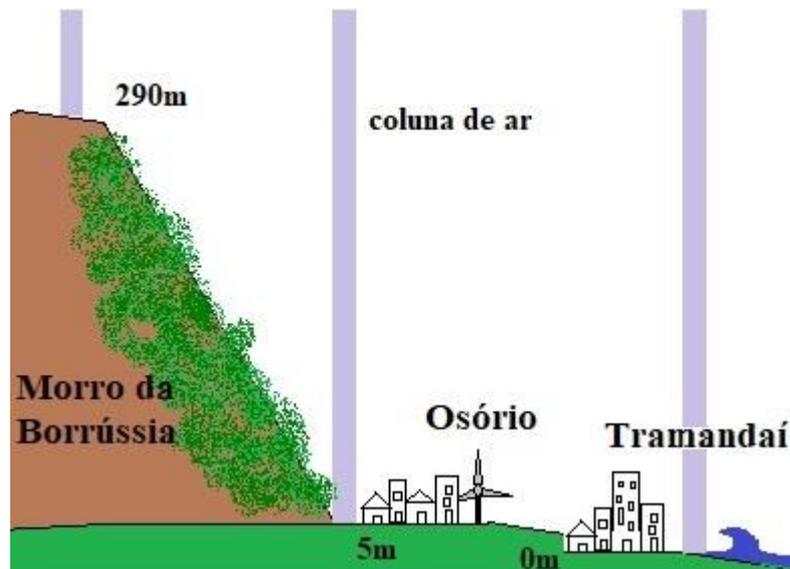


Fonte: Acervo do Autor

- 4- Levando em consideração as condições do exercício 3. Se adicionássemos a pressão atmosférica, coluna de ar estando ao nível do mar e medida por Torricelli (760mmHg), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

=>Obteremos a expressão:  $P = P_0 + \rho_f \cdot g \cdot h$

\*( $P_0$  é a pressão atmosférica ao nível do mar que equivale a  $1\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  a  $25^\circ\text{C}$ )



Fonte: Acervo do Autor

## APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO USADO PARA A APLICAÇÃO DAS EXPRESSÕES MATEMÁTICA

### Exercícios:

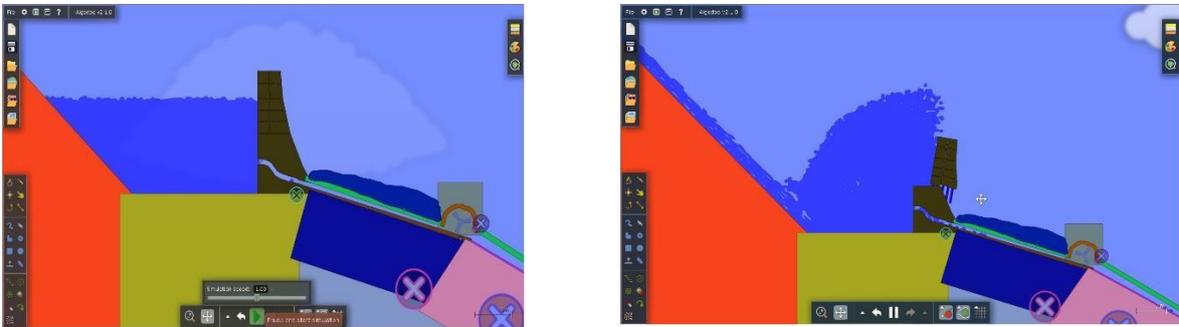
- 1- Para pregar um prego numa parede, aplica-se uma martelada que transmite ao prego uma força de 50 N. A área de contato da ponta do prego com a parede é de  $0,2 \text{ mm}^2$  ( $0,0000002 \text{ m}^2$ ). Calcule a pressão exercida sobre a parede no instante da martelada.
- 2- Qual a pressão que você, estando ereto, exerce sobre o chão?
- 3- (UFES) A altitude é um fator que influencia condições ambientais e, por isso, é levada em consideração na prática esportiva. É **correto** afirmar que o aumento da altitude causa
  - a) aumento da longitude.
  - b) diminuição da latitude.
  - c) aumento da densidade do ar.
  - d) diminuição da pressão atmosférica.
  - e) diminuição dos valores de insolação.
- 4- Em um submarino submerso a 100m abaixo do nível do mar está submetido a uma pressão de 11 atm, quando ele sobe até uma altura de 50m abaixo do nível do mar qual é a pressão exercida sobre ele? Dados  $1 \text{ atm} = 100000 \text{ Pa}$ , densidade da água  $d = 1000 \text{ kg/m}^3$  e aceleração da gravidade  $= 10 \text{ m/s}^2$

## APÊNDICE F – ROTEIRO PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Atividade em grupos formados por cinco integrantes, reunidos *pelo google meet*, deverão realizar quatro experimentos de física e: responder os questionários, levantar hipóteses, e criar um curto vídeo explicativo sobre cada experimento.

### Experimentos

- 1) -Construir uma barragem virtual utilizando o programa PHUN/Algodoo.



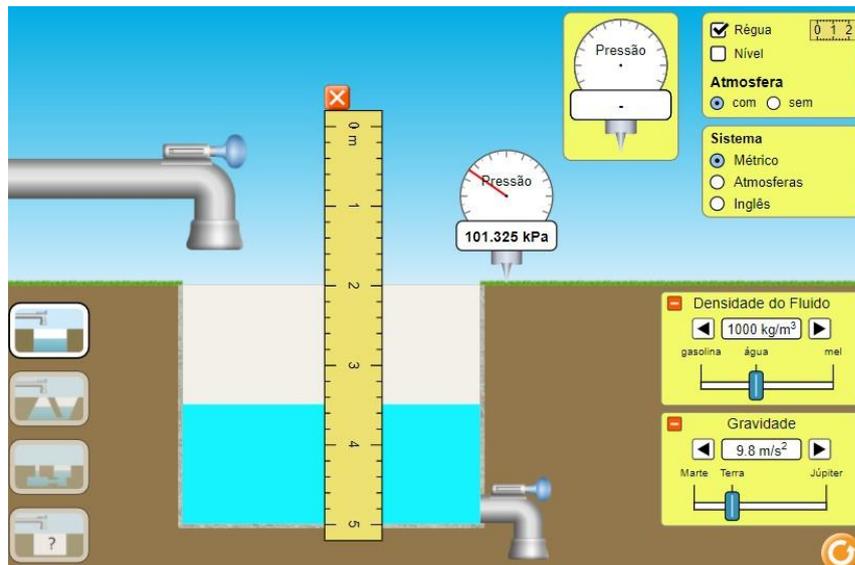
(imagens obtidas durante a simulação no programa Phun)

Para Download do programa deve-se entrar no site: <http://www.algodoo.com/>

**Questões:** (anexe pelo menos uma imagem em cada questão)

- Qual o formato de barragem, e material utilizado nela, você considera mais estável? Por quê?
- Ao encher sua barragem escolhida, em diversos momentos, com fluidos de densidade diferentes o que você observa em relação a pressão? Explique esse fenômeno.
- Ao encher sua barragem escolhida, com um mesmo fluido e variando o nível atingido por este, o que você observa em relação a pressão?
- Se sua barragem fosse hipoteticamente construída no planeta Marte, onde  $g \cong 3,711\text{m/s}^2$  na superfície, e fosse cheia com água líquida, o que você acha que observaria em relação à pressão, em comparação com a mesma barragem no planeta Terra? Qual seria a explicação do fenômeno hipotético “observado”? Você seria favorável a essa construção? Por quê?

II) Executar as simulações no Phet – Sob Pressão.



(imagem obtida utilizando o simulador virtual Phet)

Clique aqui para simular:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html)

**Roteiro orientado** (anexe pelo menos uma imagem em cada questão)

- Colocando o manômetro na superfície, qual o valor da leitura? Agora tirando a atmosfera, qual o novo valor identificado? Por que isso ocorre?
- Ainda com manômetro na superfície, altere o valor gravitacional para o planeta Marte e depois para o planeta Júpiter. Quais os valores lidos no manômetro? Por qual motivo você acha que essa diferença ocorre?
- Tire a atmosfera e coloque o manômetro no fundo da piscina vazia. Abra a torneira, com pequena vazão, e observe. Existe relação entre a pressão e o aumento do nível do fluido? Estando a piscina cheia, mude a densidade do fluido para gasolina e depois para mel. Quais leituras obtiveram? Existe relação entre densidade e pressão?
- A partir dessas simulações, de quais fatores, grandezas físicas, você acha que influenciariam no rompimento de uma barragem? Quais seriam as consequências desse rompimento para a comunidade e a biodiversidade local?

### III) Construção de uma Torre de Líquidos (podendo colocar alguns itens sólidos)

Vide o vídeo do vencedor do concurso Manual do Mundo: *\*(Não usar líquidos inflamáveis)*. <https://www.youtube.com/watch?v=dLS4dyyVO3U&t=0s>

- a. Ao colocarmos substâncias de maior densidade acima de elementos de densidade próximas, mas menor, percebemos um processo de separação. Isto ocorre também quando é depositado certo volume de rejeito no topo da Barragem. Qual o nome e como funciona esse evento natural?
- b. A polaridade das moléculas dos líquidos possui influência na Torre?
- c. De quais variáveis depende a densidade de um fluido ou corpo?
- d. Tente relacionar a Torre de Líquidos com o Rejeito de uma Barragem que contenha metais pesados.

### IV) Chafariz/Caixa d`água e garrafa pet de dois furos

Material: Duas Garrafas Pet, Mangueira transparente.

Procedimentos:

- 1) Pegue a tampa de uma das garrafas e derreta, utilizando um isqueiro, o plástico até formar um furo em que a mangueira passe. Vede bem, cola quente ou silicone, a tampa e a mangueira. Encha a garrafa de água e tampe-a com a tampa/mangueira. Vire a garrafa e varie a altura na ponta solta da mangueira e da garrafa. Observe.
- 2) Pegue a outra garrafa Pet e encha com água. Tampe-a e faça um furo, com um preguinho fino, à 6cm da base e outro furo acima à 12cm da base. Abra a tampa e observe.
  - a) O que você reparou no experimento I?
  - b) O que você reparou no experimento II? (Antes de abrir a Tampa e após?)
  - c) Tente explicar o experimento I e II.
  - d) Tente relacionar o que observaste com uma Barragem de rejeitos. (muito cheia e pouco cheia)

Atividade extra para curiosos – Fonte de Heron:  
<https://www.youtube.com/watch?v=n7fM9gnOrlk> (vídeo: manual do Mundo)

**Recomenda-se o auxílio de Familiares**

## APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO FINAL

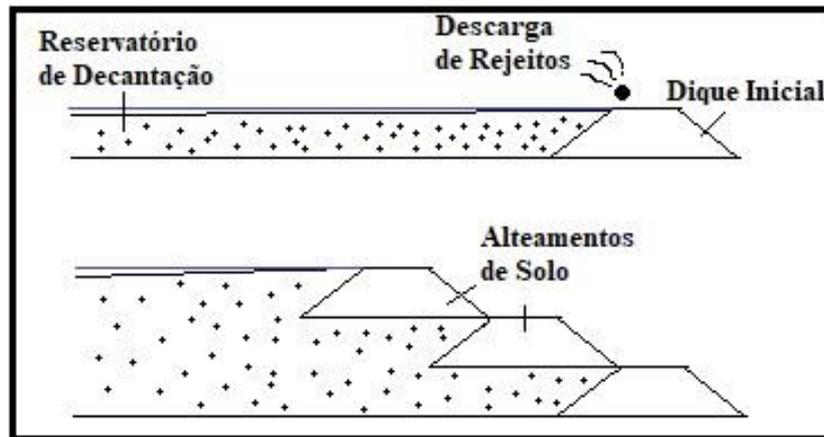
## Questionário Final

1. O volume de rejeitos despejados para o meio ambiente no acidente envolvendo o rompimento da Barragem do Fundão no município de Mariana (MG), segundo a revista Arquivos (arquivos do museu da história natural/UFMG), foram de 34 milhões de  $m^3$ . Com o intuito de averiguar as noções de espaço, escreva dois exemplo de objetos do cotidiano que possuem dimensões aproximadas de:  $1mm^3$ ,  $1cm^3$ ,  $1dm^3$ e  $1m^3$ .
2. Qual é a massa de  $1000cm^3$  de rejeito de minério sabendo que sua densidade é  $3,5 g/cm^3$ .
3. Quais as possíveis Grandezas físicas que influenciaram na ruptura das barragens de Mariana e Brumadinho? Por quê?
4. Ao subir o Morro da Borússia, aproximadamente 380m de altura, geralmente sentimos um “estourinho” no ouvido. Tente explicar a ocorrência desse fato. (questão criada por Tiago Gomes com o objetivo de verificar o conhecimento do aluno sobre pressão atmosférica)
5. Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa. (questão criada por Tiago Gomes com o objetivo de verificar o conhecimento do aluno sobre densidade)
6. Uma Barragem de rejeito de minério, hipotética, foi construída perto da sua cidade. Você percebe que se ela rompesse iria causar danos na cidade e no meio ambiente. O que você faria? (questão criada por Tiago Gomes com o objetivo de verificar possíveis atitudes tomadas pelos alunos)
7. Em relação à questão 6, você se preocuparia mais em épocas de seca ou de chuvas? Por quê?
8. Você se preocuparia com a forma e material usada na construção dessa barragem referida na questão 6? Por quê?
9. Qual a pressão total existente no fundo da Barragem, descrita na questão 6, sendo a densidade média do rejeito fluido de  $3500kg/m^3$  e altura de 15m. (utilize  $g = 10m/s^2$  e  $P_0 = 100000Pa$ )
10. Com sinceridade responda: quais dificuldades, facilidades e sugestões; encontre estas palavras nessa metodologia aplicada sobre Hidrostática.

## APÊNDICE H – TIPOS DE BARRAGENS

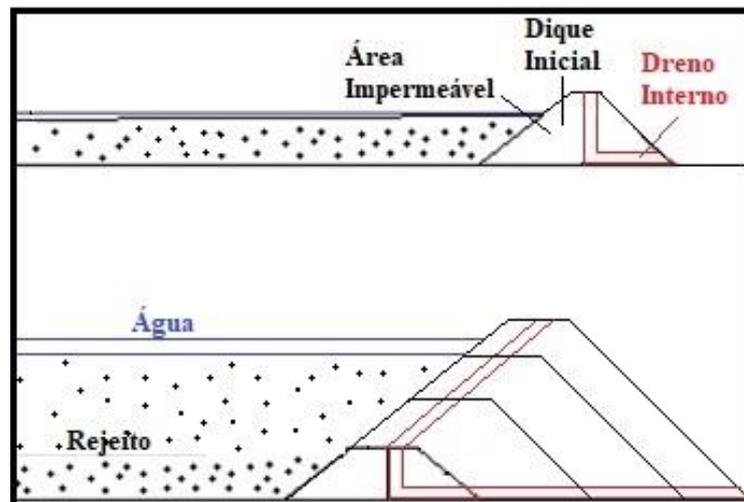
### a) Barragem a Montante

**Figura:** Sequência de alteamento de barragens de rejeito pelo método de montante modificado



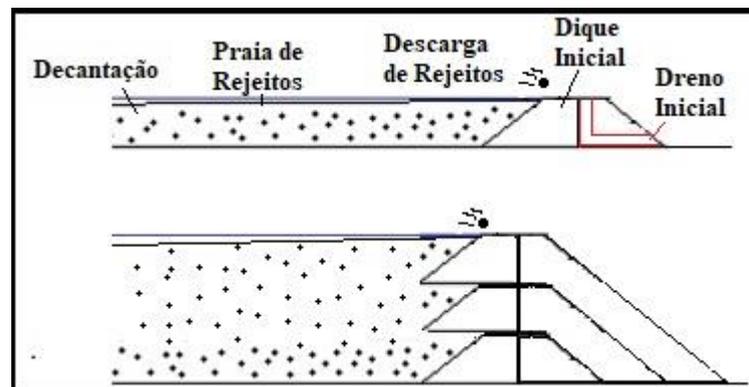
Fonte: Acervo do Autor.

**Figura:** Sequência de alteamento da barragem pelo método de jusante.



Fonte: Acervo do Autor

**Figura:** Sequência de alteamento pelo método de linha de centro.



Fonte: Acervo do Autor

## ANEXOS

### ANEXO A – QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO

#### (NOTICIA PROBLEMATIZADORA.)

Em 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, em Mariana (MG), o maior desastre socioambiental do país no setor de mineração, com o lançamento de cerca de 45 milhões de metros cúbicos de rejeitos no meio ambiente. Os poluentes ultrapassaram a barragem de Santarém, percorrendo 55 km no rio Gualaxo do Norte até o rio do Carmo, e outros 22 km até o rio Doce. A onda de rejeitos, composta principalmente por óxido de ferro e sílica, soterrou o subdistrito de Bento Rodrigues e deixou um rastro de destruição até o litoral do Espírito Santo, percorrendo 663,2 km de cursos d'água.

Laudo Técnico Preliminar, concluído em 26 de novembro de 2015, aponta que “o nível de impacto foi tão profundo e perverso ao longo de diversos estratos ecológicos que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local”. O desastre causou a destruição de 1.469 hectares, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Dezenove pessoas morreram na tragédia. Foram identificados ao longo do trecho atingido diversos danos socioambientais: isolamento de áreas habitadas; desalojamento de comunidades pela destruição de moradias e estruturas urbanas; fragmentação de habitats; destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa; mortandade de animais domésticos, silvestres e de produção; restrições à pesca; dizimação de fauna aquática silvestre em período de defeso; dificuldade de geração de energia elétrica pelas usinas atingidas; alteração na qualidade e quantidade de água; e sensação de perigo e desamparo da população em diversos níveis.

Controlada pela Vale e pela BHP Billiton, a Samarco foi notificada 73 vezes e recebeu 25 autos de infração do Ibama até o momento, que totalizam R\$350,7 milhões. O Ibama acompanha a evolução do desastre em campo desde o dia 06/11/2015.

Fonte: **Rompimento da barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG;** IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/recuperacao-ambiental/rompimento-da-barragem-de-fundao-desastre-da-samarco/documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg>>. Acessado em 18 de maio de 2021

**\* para melhor entender o caso ocorrido em Mariana(MG) verificaremos e utilizaremos conceitos Físicos.**

**\*\* é recomendado que se utilize a imaginação ou que se faça desenhos para melhor visualização dos eventos.**

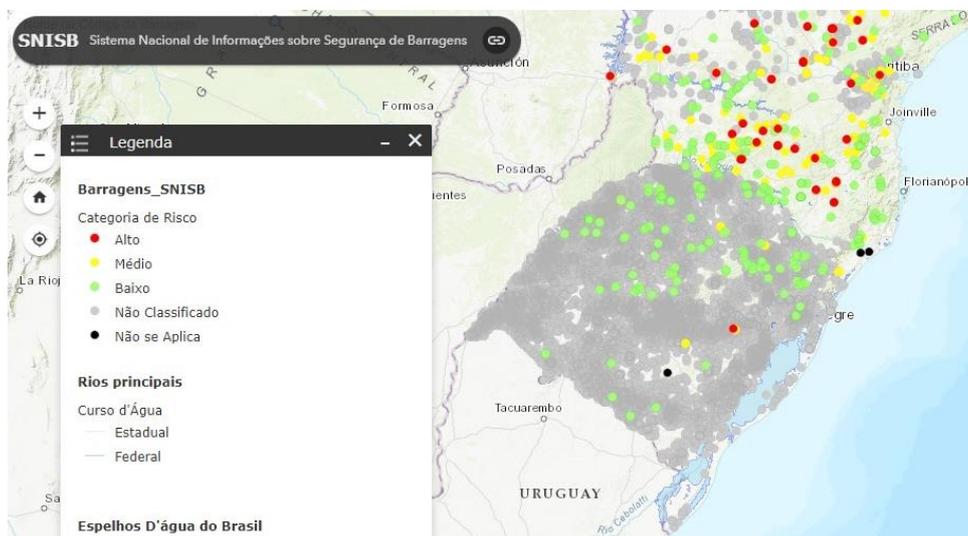
- 1- Você comprou dois sacos de pregos. Ao pregá-los você percebe que são diferentes tendo que utilizar maior intensidade de força para pregar os pregos menos “pontudos”, do segundo saco. A necessidade do aumento de força se deve, possivelmente, por qual(is) motivo(s)?
- 2- “O desastre causou a destruição de 1.469 hectares, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs)”. Sendo 1 hectare igual a 10.000m<sup>2</sup>, transforme 1.469hectares

para  $m^2$  e tente escrever o motivo da unidade ser elevada ao quadrado. (ex:  $m^2$ ,  $cm^2$ ,  $pol^2$ ,  $km^2$ , etc.)

- 3- Quando bebemos suco com um canudinho, precisamos fazer certo movimento de sucção. Ao fazer tal movimento, o líquido sobe pelo canudo. Por que isso acontece? (explique com suas Palavras)
- 4- Ao subir o Morro da Borússia, aproximadamente 380m de altura, geralmente sentimos um “estourinho” no ouvido. Tente explicar a ocorrência desse fato.
- 5- Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa? Tente explicar.
- 6- Você já deve ter escutado a seguinte afirmação: Conhecemos mais a superfície da Lua do que o “Fundo do Mar”. Qual conceito físico envolvido e por qual motivo? Tente imaginar e explicar.
- 7- Você ouviu falar sobre os desastres acontecidos em Mariana e Brumadinho? O que você sabe sobre o ocorrido?
- 8- O que são barragens de resíduos? Para que servem?
- 9- Por que as barragens de Mariana e Brumadinho romperam? Tente explicar utilizando conceitos físicos.
- 10- Você seria favorável à construção de uma barragem perto de sua cidade? (escreva os motivos)

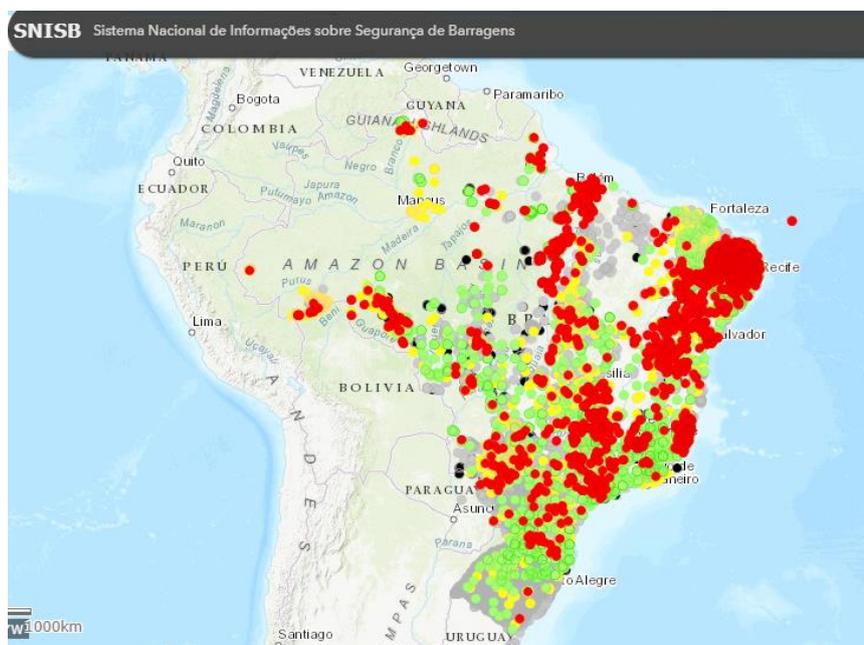
## ANEXO B – BARRAGENS EM RISCO

### IMAGEM 1 – LOCALIDADE DAS BARRAGENS O NÍVEL DE RISCO NO RS – SNISB



Fonte: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=93e7af22c2294572b5aa554dfc048bc4> – Retirado em 18/05/2021

### IMAGEM 2 – LOCALIDADE DAS BARRAGENS E O NÍVEL DE RISCO NO BRASIL



(Fonte: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=93e7af22c2294572b5aa554dfc048bc4> - Retirado em: 18/05/2021)

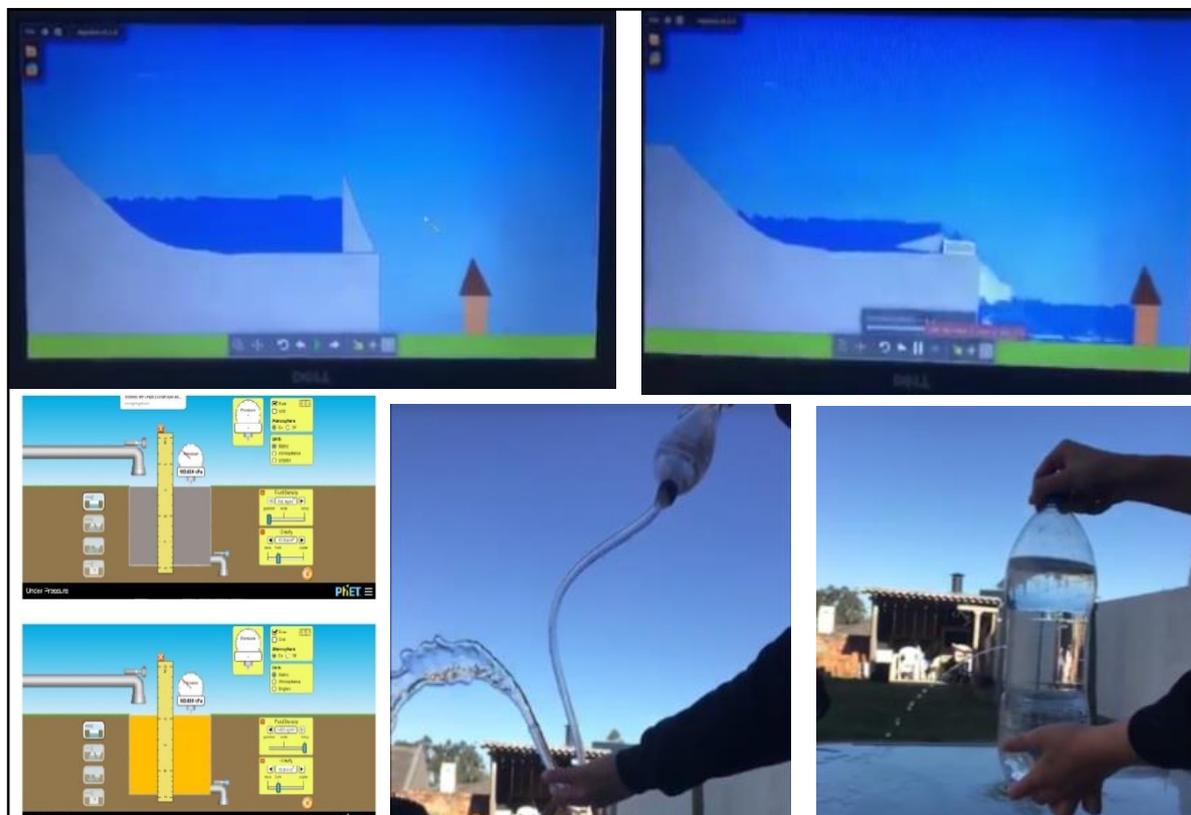
ANEXO C - EXPERIMENTOS REALIZADOS PELOS ESTUDANTES

IMAGEM 1 – EXPERIMENTO DO GRUPO 1 COMPOSTA DE VÁRIAS IMAGENS



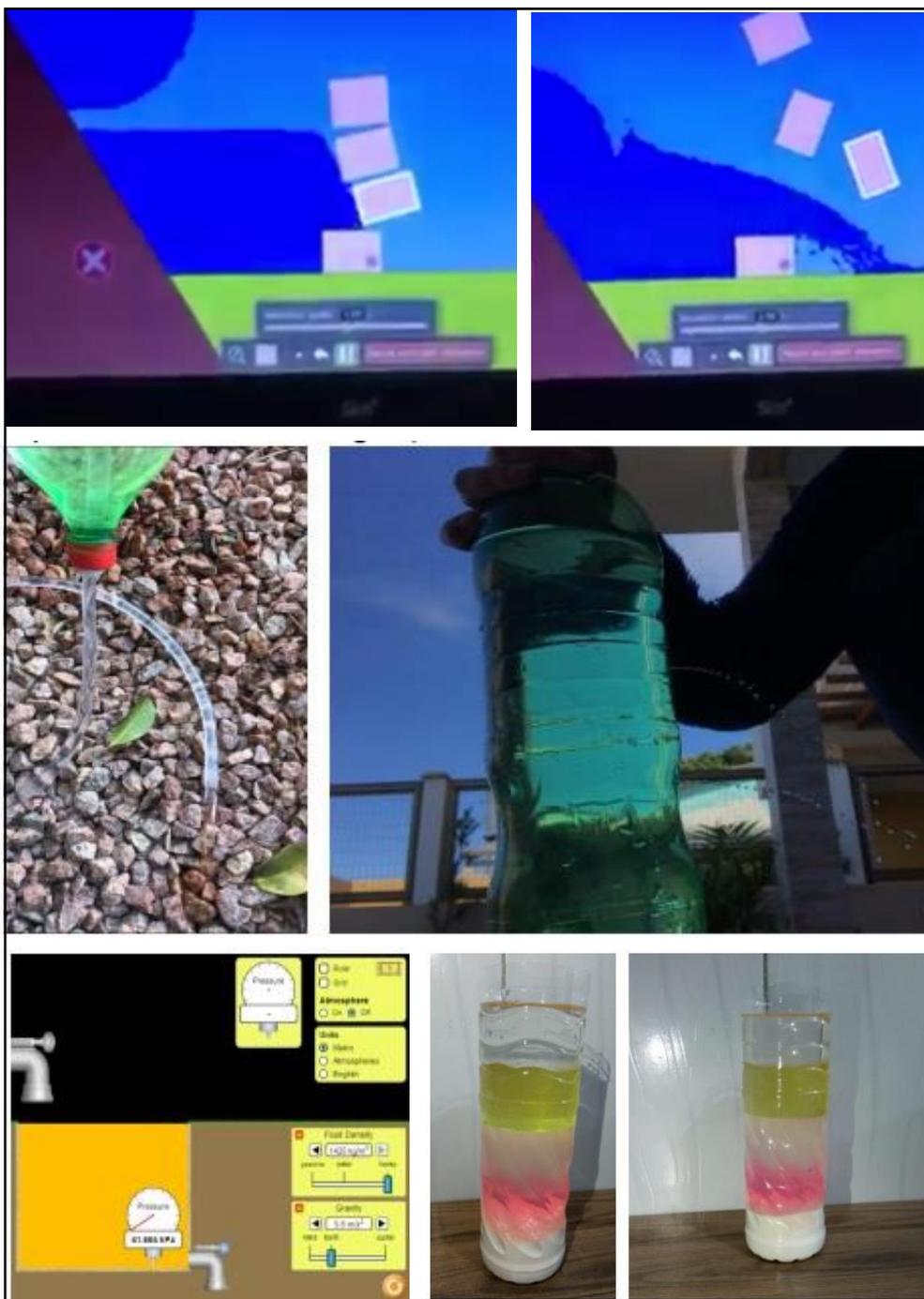
Fonte: Divulgação/Acervo dos estudantes

IMAGEM 2 – EXPERIMENTO DO GRUPO 2 COMPOSTA DE 5 IMAGENS



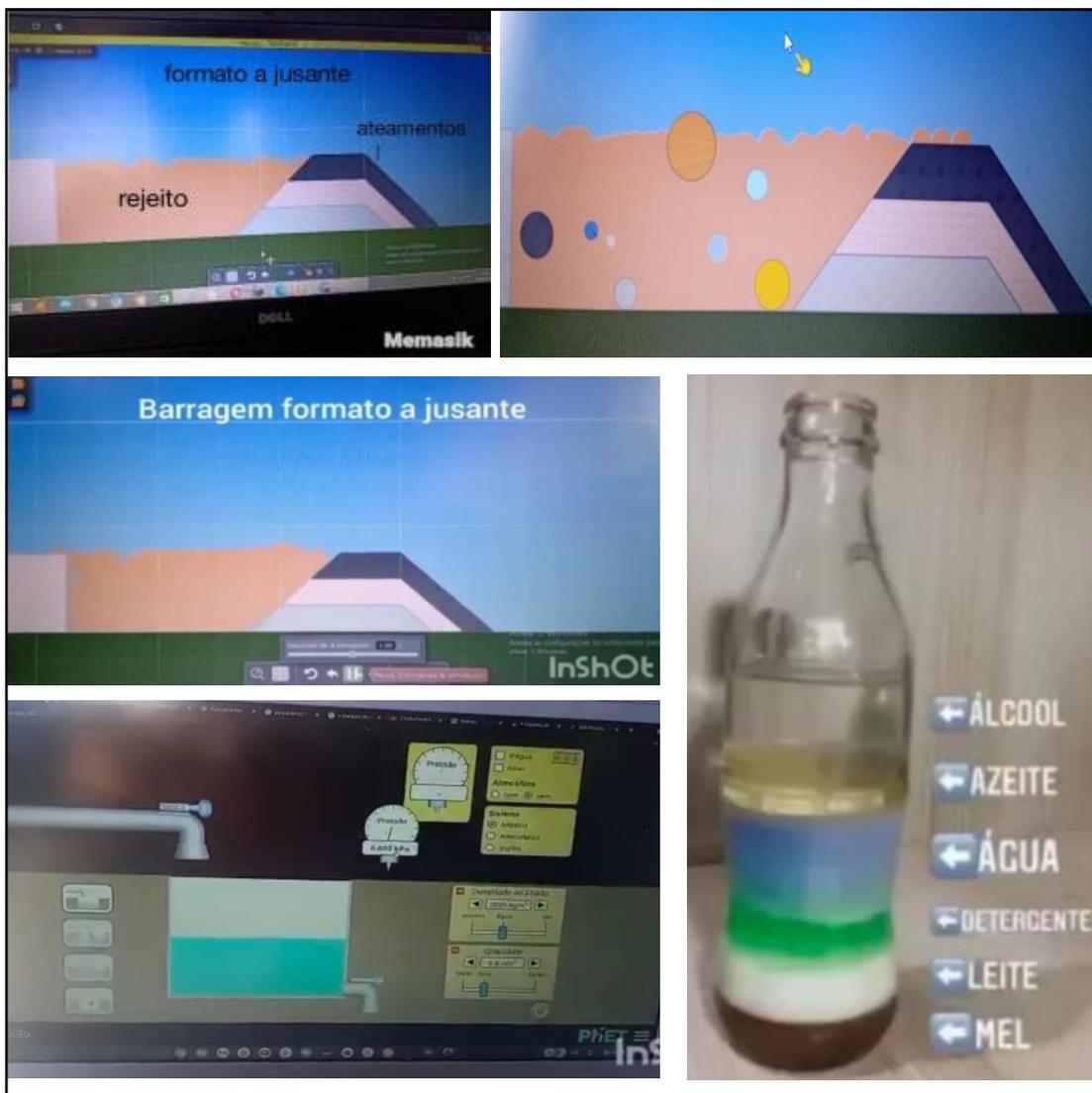
Fonte: Divulgação/Acervo dos estudantes

IMAGEM 3 – EXPERIMENTO DO GRUPO 3 COMPOSTA DE 6 IMAGENS



Fonte: Divulgação/Acervo dos estudantes

IMAGEM 4 – EXPERIMENTO DO GRUPO 4 COMPOSTA DE 6 IMAGENS



Fonte: Divulgação/Acervo dos estudantes

**Extra:** Verificação do uso do programa MINECRAFT na elaboração do primeiro experimento. (Feito na outra turma, 202).





**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL

**Produto Educacional**

**AS BARRAGENS DE REJEITOS NO BRASIL  
UMA PROPOSTA DE ENSINO DE HIDROSTÁTICA SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

Tiago Antônio Gomes da Silva

Prof. Dr. Nathan Willig Lima  
Orientador

Tramandaí  
Julho, 2022

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>03</b>
<b>2</b>	<b>TEORIA DE APRENDIZAGEM</b>	<b>05</b>
<b>3</b>	<b>SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS</b>	<b>06</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipos de Barragens de Rejeitos</b>	<b>06</b>
3.1.1	Método da Linha de Montante	06
3.1.2	Método da Linha de Justante	07
3.1.3	Método da Linha de Centro	08
<b>4</b>	<b>HIDROSTÁTICA</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>Propriedades dos Fluidos</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>Pressão em Fluidos</b>	<b>10</b>
<b>4.3</b>	<b>Densidade (<math>\rho</math>)</b>	<b>11</b>
<b>4.4</b>	<b>Equilíbrio Estático em um Fluido</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE ALGODOO/PHUN</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>PLATAFORMA VIRTUAL <i>PhET (INTERACTIVE SIMULATIONS)</i></b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>ESTRUTURA DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b>	<b>21</b>
<b>8.1</b>	<b>Primeiro Encontro - Etapa I: Verificação dos conhecimentos prévios</b>	<b>21</b>
<b>8.2</b>	<b>Primeiro Encontro: Segunda Etapa – Aquisição de conhecimento através de Notícias Midiáticas e Sites do Governo</b>	<b>24</b>
<b>8.3</b>	<b>Segundo do Encontro: Confecção e Aplicação das Equações de Hidrostática</b>	<b>31</b>
<b>8.4</b>	<b>Atividade Domiciliar I – Construção de experimentos promovendo análise orientada</b>	<b>36</b>
<b>8.5</b>	<b>Terceiro Encontro - Apresentação dos experimentos e debate</b>	<b>39</b>
<b>8.6</b>	<b>Quarto Encontro (Etapa I) – Construção da Redação Argumentativa</b>	<b>41</b>
<b>8.7</b>	<b>Quarto Encontro (Etapa II) – Questionário Final</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE A – TIPOS DE BARRAGENS</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXO A – BARRAGENS EM RISCO NO BRASIL</b>	<b>50</b>
	<b>ANEXO B – PRODUÇÃO BRUTA E PRODUÇÃO BENEFICIADA</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atuando há onze anos na docência, professor de física na rede estadual do Ensino Médio posso dizer que é perceptível à mudança de comportamento do aluno no respectivo período, mediante a vários fatores, dentre os quais: avanços tecnológicos, excesso de tempo voltado ao uso de mídias, utilização de remédios em demasia, entre outros; São fatores determinantes, pois influenciam em suas atitudes e causam prejuízos cognitivos, como a diminuição do tempo hábil de concentração e estudo. Esses motivos contribuem para outro fator importantíssimo a ser observado que é a crescente desconfiança, por parte da população, na credibilidade da ciência. Enquanto o modelo de sociedade mais próximo do ideal seria a aproximação entre o conhecimento e a população, notamos o distanciamento entre o cientista e sociedade moderna.

Diante desse cenário apresentado, somado com o aumento de informações falsas (*fake news*) sendo divulgadas, percebe-se a necessidade de enfatizar a alfabetização científica, a aproximação da ciência com a população e o favorecimento da construção da aprendizagem crítica do conhecimento científico relacionando com o social.

A proposta deste Produto é trazer ferramentas, ideias e estratégias; para o professor, que aproximem o estudante da aprendizagem significativa crítica, a qual se origina com o autor Ausubel e é desenvolvida por Moreira. Por meio de uma sequência didática motivadora que favorecerá a predisposição de aprender e de potencializar a construção de novos conhecimentos, no ensino de física. Visto que esse tipo de abordagem de ensino preconiza que inicialmente o professor aborde o respectivo tema de estudo de forma a despertar o interesse do aluno através de seus conhecimentos prévios.

Utilizando o tema sociocientífico atual barragens de rejeitos, objetiva-se tornar mais visível e próximo da aplicabilidade, para os discentes, os conceitos das ciências da natureza relacionados aos conteúdos de hidrostática, já que as estruturas das barragens de rejeitos estão presentes e continuam sendo muito utilizadas no Brasil. Nesse sentido, buscar aprender sobre seu funcionamento envolve questões sociais e tecnológicas. Os crimes ambientais ocorridos pelos rompimentos das barragens nos distritos de Bento Rodrigues, no município de Mariana, em 5 de novembro de 2015, e de Brumadinho, em 25 de janeiro de 2019,

no Estado de Minas Gerais, farão parte desse processo de interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, sendo parte do estudo a escrita de uma redação argumentativa a partir das análises físico-sociais que os discentes realizarão levando em consideração aspectos como: tipo de estrutura das barragens, capacidade volumétrica de segurança, densidade do rejeito, pressão exercida pelo “fluido”, prevenções envolvendo simulações climáticas, etc. Também contribuído para o desenvolvimento do produto de maneira importante estão à construção de expressões matemáticas pelos alunos, com envolvimento mínimo do professor, e atividades experimentais de forma física e virtual, utilizando-se o *software* Algodoo e a plataforma virtual PhET.

Ressalto que o produto possui algumas modificações em relação ao que foi aplicado e descrito na dissertação, pois o sistema de ensino vigente no momento de sua execução foi o início do modo híbrido. Situação nova de adaptação, e turbulenta, que levou dois meses para quase se estabilizar.

## **2 TEORIA DA APRENDIZAGEM**

O produto educacional presente baseia-se em uma sequência didática, visando à aprendizagem significativa crítica dos alunos, abordando o tema sociocientífico Barragens de Rejeitos junto ao ensino do conteúdo de Física de Hidrostática. As atividades contidas na sequência didática foram laboradas a fim de utilizar os Princípios Facilitados da Aprendizagem Significativa Crítica listados abaixo:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.).
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.).
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.).
- 4- Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.).
- 5- Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.).
- 6- Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.).
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.).
- 8- Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.).
- 9- Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.).
- 10- Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.).
- 11- Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.).

### 3 SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS

Barragens de rejeitos são estruturas complexas que servem como grandes reservatórios para resíduos sólidos e água, obtidos do processo de extração de minérios. Por não ter reutilização, reciclagem e ser de baixo valor econômico, devem ser devidamente armazenados por propiciar severos danos para o meio ambiente. A retenção do rejeito não é simples, e vários fatores necessitam ser considerados para que ocorra a adequada retenção como: caracterização físico-químicos do conteúdo, análises geológicas, análises geotécnicas de materiais, análises topográficas e de parâmetros hídricos etc. De acordo com Soares (2010 p.862)

Os estudos das áreas de interesse à implantação de uma barragem exigem levantamentos de dados básicos à caracterização adequada do local. O desenvolvimento das atividades de campo deve ser precedido de: (i) mapas e relatórios diversos; (ii) elementos topográficos; (iii) perfis dos rios; (iv) geologia e geotecnia. (v) trabalhos de planejamento e organização de rotinas; (vi) coleta de dados e informações nas instituições públicas de controle - DNPM, CPRM, ANA, IBAMA, Ministério da Agricultura, Serviço Geográfico do Exército, etc. (SOARES, 2010, p.862)

Liquefação e entubamento, segundo Arnez, 1999 apud Soares (2010 p.833), são as duas maiores ocorrências em rompimentos de barragens de rejeitos, apontadas por diversos profissionais do meio geotécnico, são a liquefação e o entubamento. Liquefação é infiltração de água, tanto no rejeito quanto na barragem, tornando a pressão do rejeito maior e a resistência da barragem menor. Já o Entubamento (ou piping) é entupimento dos filtros, ou canos de drenagens, devido à força peso exercida pelas estruturas como a lama. Nestes dois fenômenos, as barragens alteadas a montante se encontram em situação desfavorável em comparação com os outros métodos de alteamentos.

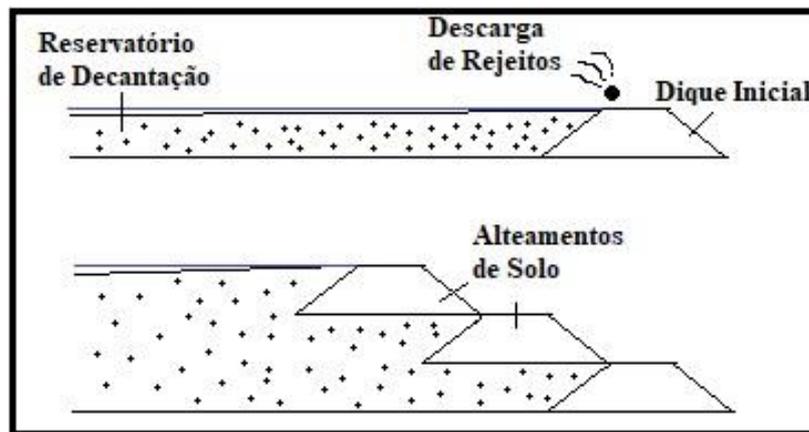
#### 1.2.1 TIPOS DE BARRAGENS DE REJEITOS

##### 1.2.1.1 Método da Linha de Montante

Constrói-se um dique inicial e são lançados os rejeitos que servirão de base para o próximo alteamento de solo.

É necessário, para haver esse novo alteamento é necessário que o rejeito contenha de 40% a 60% de areia.

Figura 1 - Sequência de alteamento de barragens de rejeito pelo método de montante.



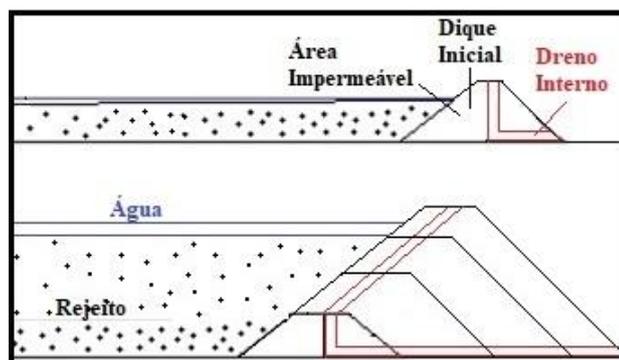
Fonte: Acervo do autor.

As vantagens do método a montante: menor custo de construção, maior velocidade de alteamento, menores volumes na etapa de alteamento, pouco uso de equipamentos de terraplenagem. As Desvantagens seriam: menor coeficiente de segurança, a superfície crítica de ruptura passa pelos rejeitos sedimentados, porém não devidamente; há possibilidade de ocorrer entubamento, resultando no surgimento de água na superfície do talude de jusante, há o risco de ruptura provocado pela liquefação da massa de rejeitos, por efeito de sismos naturais ou mesmo vibrações causadas por explosões ou movimentação de equipamentos.

#### 1.2.1.2 Método da Linha de Jusante

Constrói-se um dique inicial, impermeável, em geral feito de material argiloso e compactado. Para tal, a linha do centro da barragem, se desloca a jusante durante os processos de alteamentos. O dique inicial deve ter drenagem interna (filtro vertical). Neste método somente os rejeitos grossos são utilizados no alteamento e a barragem pode ser projetada para ter altura grande. A cada alteamento o sistema de impermeabilização e de drenagem estará presentes.

Figura 2 - Sequência de alteamento da barragem pelo método de jusante.



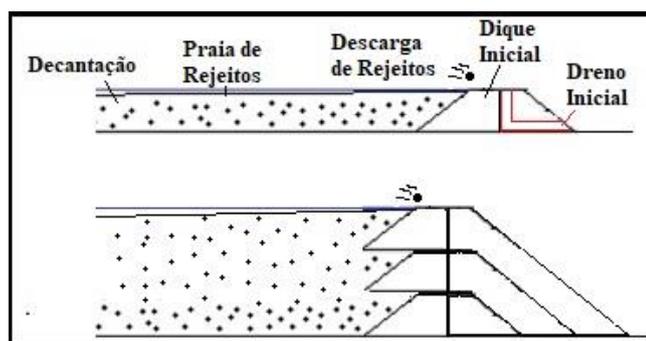
Fonte: Acervo do Autor

As vantagens deste método são: maior segurança por alteamento controlado, menor probabilidade de entubamento e de rupturas horizontais, em consequência da maior resistência ao cisalhamento, maior resistência a vibrações provocadas por sismos naturais e vibrações em razão do emprego de explosivos nas frentes de lavra, instalação de sistema de drenagem e impermeabilização, à medida que se processa o alteamento. As principais desvantagens do método são: custo mais elevado, maior volume de material a ser movimentado e compactado, menor velocidade de alteamento da barragem; requer o emprego de hidrociclones e requer a construção de dique a jusante para contenção dos materiais do fluxo de baixo (*underflow*).

### 1.2.1.3 Método da Linha de Centro

Constrói-se um dique inicial, com drenagem interna, com os rejeitos são lançados a montante do mesmo, em forma de praia (ou seja, o mesmo formato do montante). O alteamento terá parte de sustentação sobre o rejeito e maior parte sobre o dique anterior (abaixo).

Figura 3 - Sequência de alteamento pelo método de linha de centro



Fonte: Acervo do Autor

As vantagens desse método: facilidade construtiva, o material para o alteamento pode vir de áreas de empréstimo, estéril ou do *underflow* (fluxo de baixo) dos hidrociclones; e permite o controle da linha freática no talude de jusante. As desvantagens são: área a montante é passível de escorregamentos, há necessidade do uso de hidrociclones; esse método, além do dique inicial, requer um enrocamento de pé para conter o avanço do *underflow*; não permite tratamentos da superfície do talude de jusante.

Fazendo relação com conceitos de hidrostática, utilizar dados de barragens como: altura, volume de rejeitos, densidades de rejeitos e altitude; em exercícios teóricos e matemáticos, está de acordo com os objetivos do produto. Sendo a densidade a relação entre a massa e o volume de um material, em determinada temperatura e pressão, e a pressão em líquidos a relação entre a densidade do líquido com a aceleração gravitacional local e a altura da coluna deste líquido, pode-se exemplificar situações envolvendo barragens existentes a fim de se aproximar da aprendizagem significativa crítica.

As barragens de terra, segundo Meireles, F. S., p.10, apud Schoklitsch (1946), podem atingir até 100m desde que as condições geológicas do terreno e os custos envolvidos sejam compatíveis. Já as densidades dos rejeitos dependem dos elementos a serem extraídos, possibilitando certo espaço para o uso da tabela periódica em aula.

## 4 HIDROSTÁTICA

A Hidrostática é a área que estuda o comportamento dos fluidos em equilíbrio. A palavra, que possui origem na Grécia, significa: *Hidro* (água) e *Stática* (estático, parado). Este termo que, provavelmente tenha sido criado por Arquimedes em seus estudos sobre empuxo, embora se refira à água, é utilizado para a estática de todos os fluidos. Muitos exemplos estão envolvidos nessa área como questões envolvendo caixa d'água, barragens hídricas (e de rejeitos), mergulhadores, astronautas, montanhistas, etc.; relacionando com as grandezas presentes no estudo da hidrostática como: pressão, densidade, aceleração gravitacional local, massa e volume; e se relacionam com as equações a seguir.

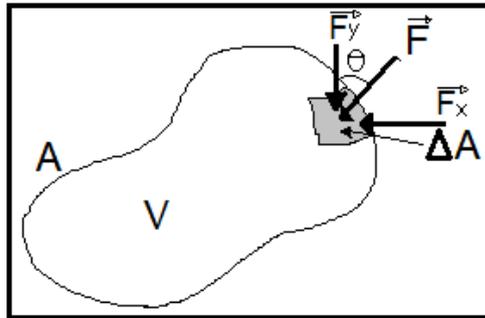
### 4.1. Propriedade dos Fluidos

Líquidos e gases são considerados fluidos por possuírem a característica de escoar, de fluir com facilidade. Líquidos possuem volume bem definidos, mas sua forma é indefinida. Acabam, portanto, adquirindo a forma do recipiente em que forem colocados. Gases já não possuem volume e nem forma definidas. Já os sólidos são corpos rígidos ocupando volume e forma bem definidos.

Segundo Nussenzveig (1997, p.01), “Líquidos e gases, graças à facilidade de deformação, possuem a propriedade de escoar ou fluir com facilidade, donde o nome de Fluidos.” Outra característica dos fluidos, diferentes das características de sólidos, é de não haver equilíbrio quando uma força tangencial atuar sobre ele e suas moléculas, e/ou átomos, permanecendo em movimento enquanto estiver sendo exercida essa ação. Em fluidos reais, então podemos verificar certa resistência ao deslizamento nas camadas adjacentes. Esse atrito interno é utilizado para medir a viscosidade do fluido. Quanto mais lento é o escoamento de um fluido maior será sua viscosidade, comparando com outros fluidos em condições iguais.

## 4.2 Pressão em Fluidos

A grandeza pressão, em sólidos, é a força exercida em determinada área de contato. Sendo ( $\hat{n}$ ) o vetor unitário da força normal que atua perpendicularmente na área  $\Delta A$ , obteremos a expressão matemática da pressão.



Fonte: Acervo do autor

Imagine uma força ( $F$ ) qualquer sendo exercida em um elemento de fluido, como na imagem acima. Considere a força  $F^{\vec{}}$  sendo aplicada. Essa força gera dois comportamentos no elemento de fluido. Parte dela é responsável pelo cisalhamento  $F_x = |F|\sin(\theta)$  e a outra parte é a responsável pela compressão:  $F_y = -|F|\cos(\theta)$ . Por fim, a pressão ( $p$ ) se relaciona com  $F_y$  e com a área onde a força está sendo aplicada ( $\Delta A$ ) da seguinte forma:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta F_y}{\Delta A} \right) \rightarrow p = - \frac{dF_y}{dA} \quad (\text{Por definição})$$

A pressão, por definição, é positiva. O sinal negativo antes da derivada uma vez que  $F_y$  era negativa, pelo referencial escolhido (eixo y).

Utilizando o módulo diretamente proporcional a força aplicada e inversamente proporcional à área de contato. Em fluidos contidos em um recipiente e em repouso a mesma relação pode ser utilizada. Desse modo, podemos definir a pressão que uma força infinitesimal  $dF$ , perpendicular à área, exerce sobre uma determinada área infinitesimal  $dA$ .

$$p = \frac{|dF|}{|dA|} \quad (4.1)$$

Quando a pressão for a mesma em todos os pontos de uma superfície plana de área A, então:

$$\rho = \frac{F}{A} \quad (4.2)$$

### 4.3 Densidade( $\rho$ )

Nos livros didáticos, em geral, a expressão densidade é definida por “massa” por “volume”. Todavia, aqui irei me referir ao volume como “elementos de volumes infinitesimais” de um fluido  $\Delta V = \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$ . Mas até que ponto esses infinitésimos devem ser para estarem de acordo com a definição de densidade?  $\Delta x \Delta y \Delta z$  devem ser maiores que as distâncias interatômicas, evitando assim interações de nível quântico que não permitiriam a continuidade de “fluidez”, e bem menores que as distâncias macroscópicas. Assim,  $\Delta V$  irá conter grande número de átomos. Um exemplo, para satisfazer as condições de “fluidez” mencionadas acima, seria a forma de um cubo de aresta  $10^{-5}m$  que pode ter aproximadamente  $3 \times 10^{10}$  moléculas de ar.

Após a definição do volume infinitesimal, imaginaremos uma quantidade de fluido com determinada massa  $\Delta m$  ocupando esse  $\Delta V$ . Assim poderemos definir a densidade( $\rho$ ) do fluido nesse espaço:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta m}{\Delta V} \right) = \frac{dm}{dV} \quad (4.3)$$

A unidade de densidade no Sistema Internacional de medidas (SI) é  $Kg/m^3$  .

Quadro 1 – Demonstração de Transformação de Unidades

Observação: Transformando  $1 g/cm^3$  em  $kg/m^3$ :

$$1 g/cm^3 = ? kg/m^3 \Rightarrow \frac{1 \times 10^{-3} kg}{1 \times 10^{-6} m^3} \Rightarrow 1 \times 10^3 kg/m^3$$

Fonte: Acervo do Autor

### 4.4 Equilíbrio Estático em um Fluido

O equilíbrio estático de um fluido se dará quando o resultado do somatório de todas as forças que agem em cada parte infinitesimal do fluido for igual a zero. As

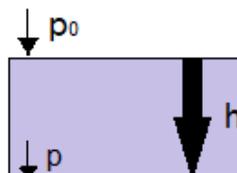
forças atuantes serão ou volumétricas (de longo alcance) ou superficiais, as quais foram analisadas brevemente acima (Pressão em um Fluido). A força volumétrica gravitacional atua em todas as porções de fluido, de tal forma que a força resultante em um infinitésimo de volume é proporcional ao volume. Assim, a força que age sobre um elemento do volume em torno de um ponto no interior do fluido de densidade  $\rho$ , é

$$\Delta \vec{F} = \Delta m \cdot \vec{g} = \rho \cdot \Delta V \cdot \vec{g} \quad (4.4)$$

Substituindo (4.4) em (4.2)

$$p = \frac{\rho \cdot \Delta V \cdot g}{\Delta A} = \rho \cdot \Delta h \cdot g \quad (4.5)$$

Assim, teremos a expressão da pressão para fluidos homogêneos. E quando levamos em consideração a pressão atuante atmosférica, na figura abaixo obteremos a lei de Stevin.

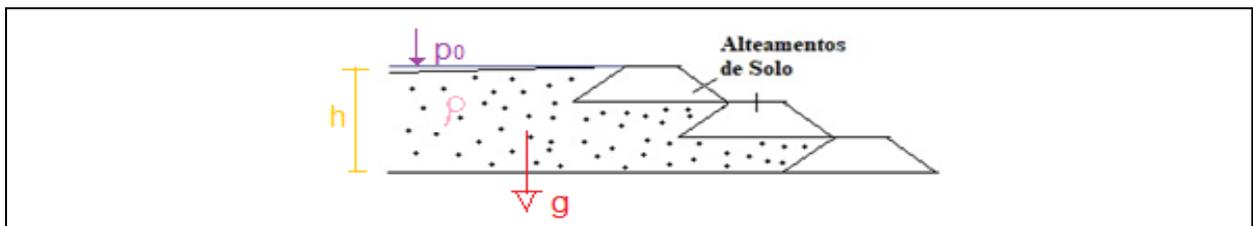


(Pressão total em um fluido homogêneo) Fonte: Acervo do autor

$$p = p_0 + \rho \cdot \Delta h \cdot g \quad (4.6)$$

Sendo a pressão atmosférica  $p_0 = 1.10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ atm}$

Na barragem de rejeito, tratando de forma simplificada para o ensino médio, encontraremos diversas densidades( $\rho$ ) de rejeitos que dependerão do elemento extraído, diversas alturas( $\Delta h$ ) de barragens e de colunas de fluidos, a pressão atmosférica e a aceleração gravitacional que estarão atuantes por um bom tempo ainda.



(Pressão total em rejeito representado, simplificado, como homogêneo) Fonte: Acervo do autor

## **5 O SOFTWARE ALGODOO/PHUN**

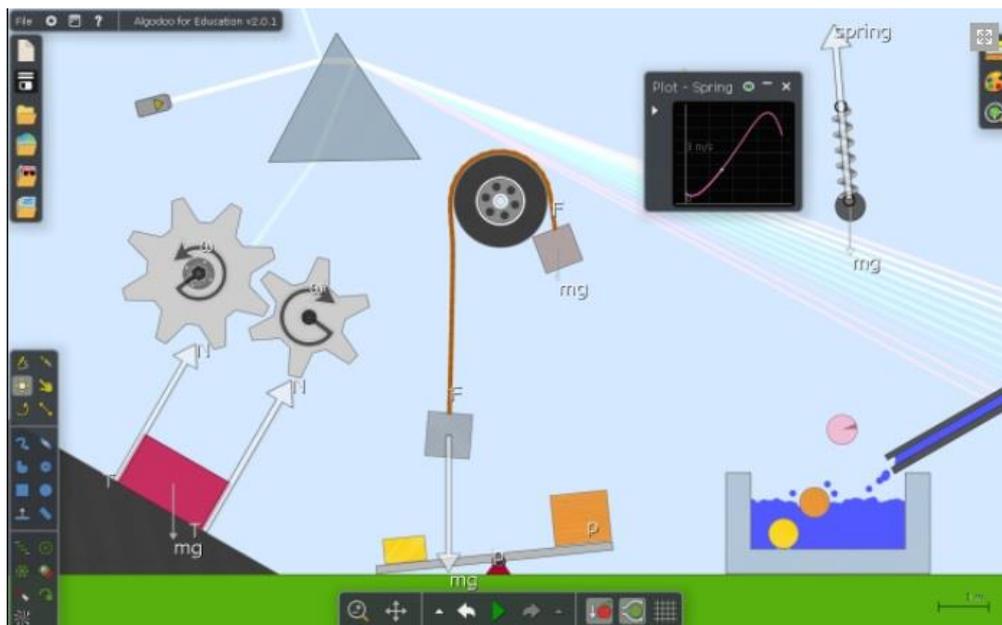
A tentativa de utilização do simulador físico PHUN em aula vem sendo planejada desde 2010. Como o programa necessitava de um equipamento com componentes mais avançados, a intenção ficou guardada, pois sua implementação seria inviável em detrimento das possibilidades financeiras das escolas estaduais em que lecionava e do poder aquisitivo dos alunos e suas famílias. “O ALGODOO/PHUN é um simulador físico 2D gratuito, de fácil manipulação. Com ele é possível criar as mais variadas situações físicas e controlar fatores como densidade, elasticidade, atrito etc.” (Fonte: SBF – Materiais Didáticos, 2022, <http://sbfisica.org.br/v1/portalpion/index.php/materiais-didaticos/236-phun> – acesso em 04/02/2022)

Devido à alteração do modo de ensino presencial ao ensino remoto/híbrido, as construções de barragens experimentais, importantes para o desenvolvimento do produto, e que seriam inicialmente produzidas manualmente em aula, tiveram que serem confeccionadas de outra maneira. Após a verificação de alguns aplicativos de celulares e softwares, o simulador físico virtual escolhido foi o ALGGODOO/PHUN, visto que sua análise satisfaz os requisitos necessários na realização dos experimentos e sendo funcional em boa parte dos equipamentos dos estudantes.

Algodoo é projetado de forma lúdica e caricatural, tornando-se uma ferramenta perfeita para criar cenas interativas. Explore a física, construa invenções incríveis, crie jogos legais ou experimente o Algodoo em suas aulas de ciências. A Algodoo estimula a criatividade, a capacidade e a motivação dos próprios alunos e crianças para construir o conhecimento enquanto se divertem. Tornando-o tão divertido quanto educativo. Algodoo também é uma ajuda perfeita para as crianças aprenderem e praticarem física em casa. (Fonte: <http://www.algodoo.com/what-is-it> - acesso em 04/02/2022.)

O software comporta elementos físicos como: fluidos, molas, dobradiças, motores, propulsores, raios de luz, traçadores, lentes, gravidade, atrito, restituição, refração, atração. Ainda se pode visualizar: gráficos, forças, velocidades, momento e componentes angulares nos eixos X/Y.

Figura – Exemplos de Atividades Construídas no Software ALGODOO



(Fonte: <http://www.algodoos.com/what-is-it> - acesso em 04/02/2022.)

As simulações são procedimentos que ajudam no envolvimento do estudante ao proporcionar a investigação científica, fornecendo interatividade e facilitando a visualização experimental. Isto lhes permite investigar as relações de causa e efeito e responder a perguntas científicas através da exploração da simulação.

## 6 PLATAFORMA VIRTUAL *PhET* (INTERACTIVE SIMULATIONS)

Outro simulador virtual utilizado nos experimentos deste produto foi o PhET. Um bom simulador virtual que chegou a ser sugerido para o uso nas aulas remotas do primeiro ano pandêmico.

PhET oferece simulações de matemática e ciências divertidas, interativas, grátis e baseadas em pesquisas. Nós testamos e avaliamos extensivamente cada simulação para assegurar a eficácia educacional. Estes testes incluem entrevistar estudantes e observar o uso de simulação em salas de aula. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas de forma *on-line* ou copiadas para seu computador. Todas as simulações são de código aberto. Vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que estes recursos sejam livres para todos os estudantes e professores. (Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](https://phet.colorado.edu/pt_BR/about) - acessado em 04/02/2022)

As simulações são procedimentos que ajudam no envolvimento do estudante ao proporcionar a investigação científica, fornecendo interatividade e facilitando a visualização experimental. Isto lhes permite investigar as relações de causa e efeito e responder a perguntas científicas através da exploração da simulação.

Seu uso se deve as suas diversas possibilidades, embora com limitações, de explorar a criatividade na formação de uma barragem. Tanto no uso de materiais quanto no seu formato contendo diversas maneiras de simulações. Pelos relatos, apesar de não ser necessária para as respostas das perguntas orientadas, se tornou um atrativo para a resolução das questões.

Com devida disponibilidade de tempo é possível aproximar-se da realidade tornando o roteiro mais específico com perguntas como por exemplo: quais materiais estão mais próximos da localidade da barragem e em maiores quantidades, teste diversos formatos de barragens com esses materiais, coloque pequenos círculos de rocha na água para aumentar sua densidade, etc.

## 7 ESTRUTURA DO PRODUTO EDUCACIONAL

Podendo ser realizado em até sete etapas, este trabalho de fácil adaptação possui a possibilidade de ser implementado apenas na disciplina de física como também em parceria com outras disciplinas. Sua estrutura é composta por: um questionário inicial de verificação de conhecimentos prévios, material orientado para leitura de notícias midiáticas relacionadas com os rompimentos de barragens de resíduos ocorridos nos municípios de Mariana(MG) e Brumadinho(MG), atividade de produção textual onde o enunciado para a confecção de uma redação é referente à construção de uma barragem de resíduos no município de Osório(RS), uma seleção de perguntas dirigidas que incluem situações possivelmente já vivenciadas pelos estudantes com a finalidade de se construir algumas equações da hidrostática, quatro tutoriais para a produção de experimentos contendo questionário orientador e por fim, um questionário final de verificação da aquisição do conhecimento, semelhante ao questionário inicial. Sobre os experimentos, ressalto que dois serão de construção virtual e outros dois de maneira física. Também saliento que as atividades foram laboradas de acordo com as possíveis vivências dos alunos dessa localidade, Osório(RS), e recomenda-se que sejam adaptadas de acordo com a região da sua escola.

**Tema:** Uma Proposta de Ensino de Hidrostática Significativa Crítica através do uso de Barragens de Rejeitos no Brasil.

**Objetivo:** Problematizar a hidrostática em questões sociais e científicas mediante pesquisas relacionadas com o tema barragens de rejeito. Desenvolvendo assim uma sequência de ensino teórica prática para o favorecimento da aprendizagem significativa crítica nos alunos, facilitando a visualização e a compreensão de conceitos utilizados no conteúdo de Hidrostática através de experimentos e atividades teóricas potencial significativas. Também verificar a evolução da aprendizagem dos alunos sobre os conteúdos abordados tendo atenção em relação à ocorrência da aprendizagem significativa crítica.

**Justificativa:** Tendo em vista a redução de carga horária da disciplina de física no ensino médio, o professor acaba por ter que selecionar quais assuntos abordar e quais ficarão de fora de seu quadro anual de aulas. Ao levantar informações com

alguns colegas de área, verifiquei que o conteúdo de hidrostática era excluído pela maior parte dos docentes. A proposta desta dissertação é de ensino do conteúdo de Hidrostática utilizando-se o tema sociocientífico, que acolhe aspectos sociais relacionadas a conhecimentos científicos atuais, Barragens de Rejeitos. Dentro de uma Sequência Didática, este produto educacional possui o objetivo de fazer com que o aluno elabore possíveis hipóteses sobre os rompimentos das barragens, utilizando conceitos da hidrostática, se aproximando da Aprendizagem Significativa Crítica, seguindo os Princípios Facilitadores.

**Público:** Turmas do segundo ano do ensino médio

**Duração:** Quatro encontros de 90 minutos

**Conteúdo:** No decorrer das aulas serão abordados assuntos envolvendo alguns tópicos da física da hidrostática em diversas situações, mas dando ênfase ao tema sociocientífico relacionado às barragens de rejeitos. Os conceitos a serem visto nesse estudo são: Densidade, Pressão, Lei de Stevin e Pressão Atmosférica. Conjuntamente com conhecimentos não aprofundados utilizados nas barragens de rejeitos como: formas das barragens, componentes que as estruturam, localizações das barragens no Brasil, regulamentos, monitoramentos, etc.

Quadro 2 – Quadro Organizacional da Sequência Didática

<b>Aula ou Atividade</b>	<b>Atividades desenvolvidas</b>	<b>Princípios Facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica</b>
1º Encontro (Etapa I)	Conversa inicial e verificação dos conhecimentos prévios através do questionário inicial.	1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos, 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos, 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.
1º Encontro (Etapa II)	Materiais introdutórios potenciais para relacionar as concepções prévias com novos conhecimentos	2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas; 3. Aprender a partir de distintos materiais educativo; 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade; 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos

	dentro do campo sociocientífico.	e estratégias irrelevantes para a “sobrevivência”;
2º Encontro	Relacionar conceitos de Física e estruturar equações da hidrostática.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos.</li> <li>2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas.</li> <li>4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo.</li> <li>5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade.</li> <li>6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras.</li> <li>7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.</li> <li>9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar.</li> <li>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</li> </ol>
Atividade Domiciliar II	Em grupo, construção de experimentos promovendo análise orientada.	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Aprender a partir de distintos materiais educativos.</li> <li>4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo.</li> <li>5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade.</li> <li>7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.</li> <li>8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência.</li> <li>9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar.</li> <li>10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino.</li> <li>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</li> </ol>
3º Encontro	Apresentação do vídeo/ experimento promovendo breve explicações.	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Aprender a partir de distintos materiais educativos.</li> <li>4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo.</li> <li>5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade.</li> </ol>

		<p>7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.</p> <p>8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência.</p> <p>9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar.</p> <p>10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino.</p> <p>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</p>
3º Encontro	<p>Apresentação do vídeo/ experimento promovendo explicações e debates.</p>	<p>3. Aprender a partir de distintos materiais educativos.</p> <p>4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo.</p> <p>5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade.</p> <p>7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.</p> <p>8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência.</p> <p>9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar.</p> <p>10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino.</p> <p>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</p>
4º Encontro (Etapa I)	<p>Construção da Redação utilizando-se dos materiais introdutórios.</p>	<p>4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo</p> <p>5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade;</p> <p>10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino;</p> <p>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</p>
4º Encontro (Etapa II)	<p>Realização do Questionário final</p>	<p>1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos;</p> <p>2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas;</p> <p>3. Aprender a partir de distintos materiais educativos;</p> <p>4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.);</p>

		<p>5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.);</p> <p>7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros;</p> <p>8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência.</p> <p>11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.</p>
--	--	---

Iniciando com a verificação dos conhecimentos prévios, é possível traçar certa estratégia a partir da análise dos resultados para facilitar a comunicação e a aquisição de novos conhecimentos pelos estudantes.

Utilizando mapas dos locais das barragens, notícias, imagens e sugerindo sites de órgãos reguladores relacionados com as barragens; os alunos farão o levantamento de pontos favoráveis e desfavoráveis para se iterarem com maior profundidade sobre o assunto e posteriormente usar nos argumentos na atividade de construção da redação. Assim é possível tornar os estudantes, em grande maioria, motivados para o aprofundamento de conceitos e formulação das expressões matemáticas e dos exercícios matemáticos que serão propostos. Ressalto que para melhor organização é necessário, ao final do primeiro encontro, solicitar que formem grupos, passar orientações sobre as atividades e *softwares* a serem utilizados e disponibilizar o roteiro para a confecção dos experimentos.

Na construção e apresentação dos experimentos e respostas dos questionários orientadores o estudante pode utilizar seus conhecimentos teóricos e matemáticos adquiridos em situações práticas. Reforçando ou oportunizando, de outra forma, a aprendizagem significativa crítica. E através do questionário final, verificar de certa forma os resultados obtidos pela implementação do produto.

## **8 SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

### **8.1 Primeiro Encontro - Etapa I: Verificação dos conhecimentos prévios**

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Favorecer a construção de competências e habilidades necessárias ao exercício da cidadania através do tema sociocientífico barragens de rejeitos utilizando os desastres ocorrido com as Barragens de Rejeitos em Mariana(MG) e Brumadinho(MG).

Fazer levantamento de concepções prévias dos alunos a respeito do objeto de aprendizagem de Hidrostáticas, de seus pré-requisitos e sobre os rompimentos das Barragens. A fim de aproximarmos da aprendizagem significativa crítica, serão utilizados os princípios facilitadores: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos, 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas, 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos e 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.

#### **CONTEÚDOS**

Hidrostática e o rompimento de barragem de rejeitos.

#### **PROPÓSITO**

Propor a reflexão e inserção dos alunos como participantes atuantes em questões que envolvam a sociedade e a importância do conhecimento nesse processo. Partindo de uma notícia midiática problematizadora, obter respostas que possam identificar os conhecimentos prévios de cada aluno.

#### **DURAÇÃO**

Entre (10 a 15) minutos para a Primeira Parte da Aula

Entre (30 a 35) minutos para a Segunda Parte da Aula

## MODALIDADE DE INTERAÇÃO

Dialógica e Descritiva.

## MATERIAIS DE APOIO

Questionário inicial, abaixo, de forma física ou virtual utilizando *Google Forms* como sugestão.

Figura 1: Questionário de Verificação dos Conhecimentos Prévios

### QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO

(NOTÍCIA PROBLEMATIZADORA.)

Em 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, em Mariana (MG), o maior desastre socioambiental do país no setor de mineração, com o lançamento de cerca de 45 milhões de metros cúbicos de rejeitos no meio ambiente. Os poluentes ultrapassaram a barragem de Santarém, percorrendo 55 km no rio Gualaxo do Norte até o rio do Carmo, e outros 22 km até o rio Doce. A onda de rejeitos, composta principalmente por óxido de ferro e sílica, soterrou o subdistrito de Bento Rodrigues e deixou um rastro de destruição até o litoral do Espírito Santo, percorrendo 663,2 km de cursos d'água.

Laudo Técnico Preliminar, concluído em 26 de novembro de 2015, aponta que “o nível de impacto foi tão profundo e perverso ao longo de diversos estratos ecológicos que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local”. O desastre causou a destruição de 1.469 hectares, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Dezenove pessoas morreram na tragédia. Foram identificados ao longo do trecho atingido diversos danos socioambientais: isolamento de áreas habitadas; desalojamento de comunidades pela destruição de moradias e estruturas urbanas; fragmentação de habitats; destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa; mortandade de animais domésticos, silvestres e de produção; restrições à pesca; dizimação de fauna aquática silvestre em período de defeso; dificuldade de geração de energia elétrica pelas usinas atingidas; alteração na qualidade e quantidade de água; e sensação de perigo e desamparo da população em diversos níveis.

Controlada pela Vale e pela BHP Billiton, a Samarco foi notificada 73 vezes e recebeu 25 autos de infração do Ibama até o momento, que totalizam R\$350,7 milhões. O Ibama acompanha a evolução do desastre em campo desde o dia 06/11/2015.

Fonte: **Rompimento da barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG**; IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/recuperacao-ambiental/rompimento-da-barragem-de-fundao-desastre-da-samarco/documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg>>. Acessado em 18 de maio de 2021

**\* para melhor entender o caso ocorrido em Mariana(MG) verificaremos e utilizaremos conceitos Físicos.**

**\*\* é recomendado que se utilize a imaginação ou que se faça desenhos para melhor visualização dos eventos.**

1- Você comprou dois sacos de pregos. Ao pregá-los você percebe que são diferentes tendo que utilizar maior intensidade de força para pregar os pregos menos “pontudos”, do segundo saco. A necessidade do aumento de força se deve, possivelmente, por qual(is) motivo(s)?

2- “O desastre causou a destruição de 1.469 hectares, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs)”. Sendo 1 hectare igual a 10.000m<sup>2</sup>, transforme 1.469hectares para m<sup>2</sup> e tente escrever o motivo da unidade ser elevada ao quadrado.(ex: m<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>, pol<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, etc.)

3- Quando bebemos suco com um canudinho, precisamos fazer certo movimento de sucção. Ao fazer tal movimento, o líquido sobe pelo canudo. Por que isso acontece? (explique com suas Palavras)

4- Ao subir o Morro da Borússia, aproximadamente 300m de altura, geralmente sentimos um “estourinho” no ouvido. Tente explicar a ocorrência desse fato.

5- Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa? Tente explicar.

6- Você já deve ter escutado a seguinte afirmação: Conhecemos mais a superfície da Lua do que o “Fundo do Mar”. Qual conceito físico envolvido e por qual motivo? Tente imaginar e explicar.

7- Você ouviu falar sobre os desastres acontecidos em Mariana e Brumadinho? O que você sabe sobre o ocorrido?

8- O que são barragens de resíduos? Para que servem?

9- Por que as barragens de Mariana e Brumadinho romperam? Tente explicar utilizando conceitos físicos.

10- Você seria favorável à construção de uma barragem perto de sua cidade? (escreva os motivos)

Fonte: Elaborada pelo Autor

## DESCRIÇÃO

Inicialmente trazer de forma dialógica a explicação de como serão as próximas aulas, a importância do papel do estudante como protagonista, sua responsabilidade em questões sociais e na aprendizagem. Reforçando a construção dos experimentos e o uso do *Software* Algodoo e da plataforma PHET. Necessário fazer um levantamento das máquinas que suportam esses programas na escola e (ou) pertencentes aos alunos. Quando o produto foi implementado por mim, estando no

ensino híbrido, solicitei aos alunos que já organizassem grupos de 4 a 5 integrantes em que pelo menos um estudante possuísse um computador com parâmetros adequados. Interessante, nesse momento, é mencionar alguns assuntos sociocientífico, que acolhe aspectos sociais relacionadas a conhecimentos científicos atuais, para situa-los como: o uso de agrotóxicos, alimentos processados e ultraprocessados, aquecimento global, utilização de combustíveis fósseis e químicos(baterias), etc.

Após, fornecer o questionário um onde o aluno irá realizá-la individualmente e sem consulta. Podendo o tempo de execução ser levemente estendido em caso de dois períodos seguidos.

## **8.2 Primeiro Encontro: Segunda Etapa – Aquisição de conhecimento através de Notícias Midiáticas e Sites do Governo**

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Ofertar novos conhecimentos para interagir com os conhecimentos prévios dos discentes. Com a função de organizadores prévios, a atividade será orientada onde será visualizado vídeos dos rompimentos das Barragens de Rejeitos e a leitura de notícias midiáticas relacionadas com os desastres ambientais ocasionadas pelo rompimento das barragens.

Contemplando, de certo modo, os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, servirão de ponte entre o que o aluno já sabe e o que deveria saber relativo à importância do conteúdo. Além disso explora a interação entre o conhecimento prévio e a aquisição de novos significados, o que constitui a essência da aprendizagem significativa. Os princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica utilizados aqui serão: 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas, 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos, 5- Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade, 8- Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a “sobrevivência”, 9- Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar.

## CONTEÚDOS:

Diretamente sendo as Barragens de rejeitos e indiretamente densidade, pressão e liquefação.

## PROPÓSITO:

Expor algumas informações sobre as barragens de Rejeitos e aquisição de conhecimentos a partir da leitura de notícias midiáticas selecionadas onde o aluno terá que verificar e escrever pontos importantes.

## DURAÇÃO:

45 minutos

## MODALIDADE DE INTERAÇÃO:

Dialógica, Visual, Leitura e Descritiva.

## MATERIAL DE APOIO:

Quadro, Datashow, Internet, Celular, Caderno e as figuras abaixo.

**Figura 2:** Levantamento de Pontos Importantes sobre Notícias Midiáticas

ESCOLA:			
Disciplina:	Professor:		
Nome:		Data:	Turma:

**Atividade de Física**

Assistir aos vídeos abaixo e ler a reportagem, ambos com atenção, e fazer um levantamento de pontos importantes, tanto favoráveis quanto não favoráveis, em relação às barragens de rejeitos. Essas informações possivelmente serão utilizadas na **construção de uma redação para a próxima aula**.

**Pergunta Norteadora:**

Quais os possíveis motivos das Barragens de Rejeitos, localizadas em Mariana(MG) e Brumadinho(MG), terem rompido?

Mariana – vídeo

I – **Vídeo mostra momento em que barreira se rompe e libera lama; G1 – Minas Gerais.** Disponível em < <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/ideo-mostra-momento-em-que-barreira-se-rompe-e-libera-lama.html>> . Acesso em 14 de maio de 2021.

Brumadinho – vídeo

II – **Imagens mostram rompimento da barragem em Brumadinho; Jornal da Noite – Band Jornalismo.** Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=xyhaCbVtR9Q>>. Acesso em 13 de maio de 2021.

Notícias

III -**Especialistas divulgam as causas do desastre em Brumadinho; Jorna Nacional – G1.** Disponível em <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2019/12/12/especialistas-divulgam-as-causas-do-desastre-em-brumadinho.ghtml>>. Acesso em 14 de maio de 2021

IV – CHAGAS, Inara. **Barragem de rejeitos e os casos Mariana e Brumadinho; Meio Ambiente – Politize!.** Disponível em <https://www.politize.com.br/barragem-de-rejeitos/> . Acesso em 18 de maio de 2021

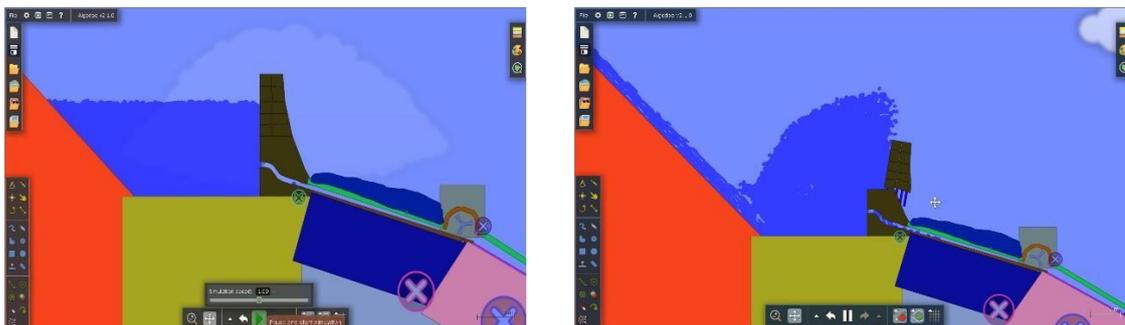
Fonte: Autoria Própria

Figura 3: Roteiro para os Experimentos a ser entregue ao final da Aula  
ROTEIRO PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Atividade em grupos formados por cinco integrantes, reunidos pelo google meet, deverão realizar quatro experimentos de física e: responder os questionários, levantar hipóteses, e criar um curto vídeo explicativo sobre cada experimento.

### Experimentos

I) -Construir uma barragem virtual utilizando o programa PHUN/Algodoo.



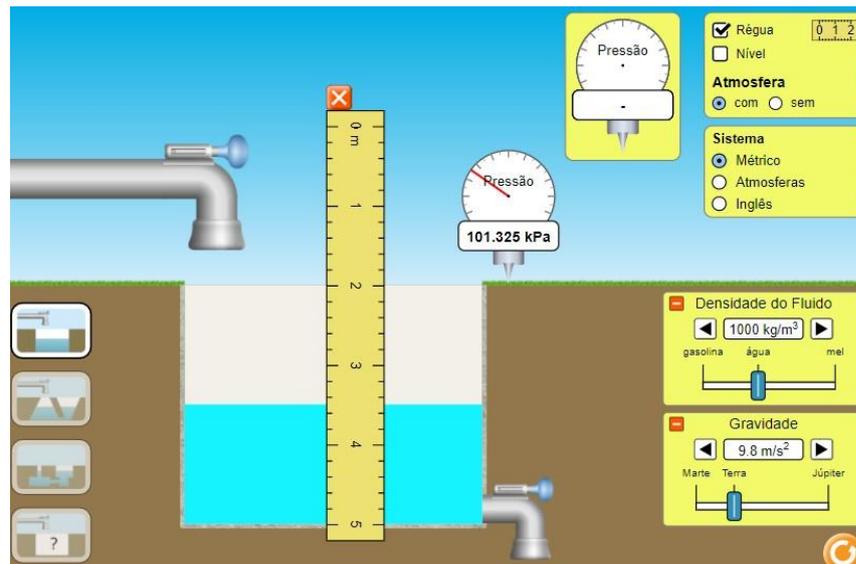
(imagens obtidas durante a simulação no programa Phun)

Para Download do programa deve-se entrar no site: <http://www.algodoo.com/>

**Questões:** (anexe pelo menos uma imagem em cada questão)

- Qual o formato de barragem, e material utilizado nela, você considera mais estável? Por quê?
- Ao encher sua barragem escolhida, em diversos momentos, com fluidos de densidade diferentes o que você observa em relação à pressão? Explique esse fenômeno.
- Ao encher sua barragem escolhida, com um mesmo fluido e variando o nível atingido por este, o que você observa em relação à pressão?
- Se sua barragem fosse hipoteticamente construída no planeta Marte, onde  $g \cong 3,711\text{m/s}^2$  na superfície, e fosse enchida com água líquida, o que você acha que observaria em relação a pressão, em comparação com a mesma barragem no planeta Terra? Qual seria a explicação do fenômeno hipotético “observado”? Você seria favorável a essa construção? Por que?

II) Executar as simulações no Phet – Sob Pressão.



(imagem obtida utilizando o simulador virtual Phet)

Clique aqui para simular:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_pt_BR.html)

**Roteiro/questionário** (anexe pelo menos uma imagem em cada questão)

- Colocando o manômetro na superfície, qual o valor da leitura? Agora tirando a atmosfera, qual o novo valor identificado? Por que isso ocorre?
- Ainda com manômetro na superfície, altere o valor gravitacional para o planeta Marte e depois para o planeta Jupiter. Quais os valores lidos no manômetro? Por qual motivo você acha que essa diferença ocorre?
- Tire a atmosfera e coloque o manômetro no fundo da piscina vazia. Abra a torneira, com pequena vazão, e observe. Existe relação entre a pressão e o aumento do nível do fluido? Estando a piscina cheia, mude a densidade do fluido para gasolina e depois para mel. Quais leituras obteve e existe relação entre densidade e pressão?
- A partir dessas simulações, de quais fatores, grandezas físicas, você acha que influenciariam no rompimento de uma barragem? Quais seriam as consequências desse rompimento para a comunidade e a biodiversidade local?

III) Construção de uma Torre de Líquidos (podendo colocar alguns itens sólidos)

Vide o vídeo do vencedor do concurso Manual do Mundo: *\*(Não usar líquidos inflamáveis)\**.  
<https://www.youtube.com/watch?v=dLS4dyyVO3U&t=0s>

- a. Ao colocarmos substâncias de maior densidade acima de elementos de densidade próximas, mas menor, percebemos um processo de separação. Isto ocorre também quando é depositado certo volume de rejeito no topo da Barragem. Qual o nome e como funciona esse evento natural?
- b.
- c. A polaridade das moléculas dos líquidos possui influência na Torre?
- d. De quais variáveis depende a densidade de um fluido ou corpo?
- e. Tente relacionar a Torre de Líquidos com o Rejeito de uma Barragem que conteha metais pesados

IV) Chafariz/Caixa d`água e garrafa pet de dois furos

Material: duas Garrafa Pet, Mangueira transparente.

Procedimentos:

- 1) pegue a tampa de uma das garrafas e derreta, utilizando um esqueiro, o plástico até formar um furo em que a mangueira passe. Vede bem, cola quente ou silicone, a tampa e a mangueira. Encha a garrafa de água e tampe-a com a tampa/mangueira. Vire a garrafa e varie a altura na ponta solta da mangueira e da garrafa. Observe.
- 2) Pegue a outra garrafa Pet e encha com água. Tampe-a e faça um furo, com um preguinho fino, à 6cm da base e outro furo acima à 12cm da base. Abra a tampa e observe.

Questões:

- a) O que você reparou no experimento I?
- b) O que você reparou no experimento II? (Antes de abrir a Tampa e após?)
- c) Tente explicar o experimento I e II.
- d) Tente relacionar o que observaste com uma Barragem de rejeitos. (muito cheia e pouco cheia)

Atividade extra para curiosos – Fonte de Heron:

<https://www.youtube.com/watch?v=n7fM9gnOrlk> (vídeo: manual do Mundo)

**Recomenda-se o auxílio de Familiares**

## SITES DE APOIO PARA O PROFESSOR:

Sistema Nacional de Informação sobre Segurança de Barragens

- <https://www.snisb.gov.br/>;

Agência Nacional de Mineração

- <https://www.gov.br/anm/pt-br> ;

Agência Nacional de Águas

- <https://www.gov.br/ana/pt-br> ;

Instituto Brasileiro de Mineração

- <https://ibram.org.br/> ;

## DESCRIÇÃO:

Primeiramente o docente, utilizando o datashow, projeta imagens informativas de localização, números, diferença entre barragens de rejeitos e barragens hídricas, elementos minerados, produção de rejeito para cada elemento, etc. conforme os Anexo A, Anexo B e Anexo C.. O quadro também é de serventia para algum gráfico ou desenho. Na sequência, orienta os aprendizes a realizarem a leitura de forma crítica das notícias fornecidas, via internet ou impressão para que eles façam questionamentos em relação às informações, sobre as funções exercidas pelas barragens e a necessidade de suas existências. Sendo sugerido o levantamento de pontos positivos e negativos junto com hipóteses para os rompimentos. Esse conjunto de observações e coletas servirá como material de apoio para a próxima atividade que é de construção de uma redação argumentativa nos “moldes” dos vestibulares da UFRGS sobre o tema.

Ao final da aula, pedir para que formem grupos e iniciem na organização das atividades experimentais a serem realizadas de maneira assíncrona. Sendo fornecida a atividade com data de apresentação para o terceiro encontro. Atentar para a aprendizagem do programa Algodoo, uma vez que este necessita de certo tempo para se tornar familiarizado. Recomendo ao professor que faça o mesmo pois dúvidas sempre podem surgir.

Nessa fase é interessante entrar em contato com o professor de Língua Portuguesa para sondar, ou propor trabalho em conjunto, sobre o nível dos alunos em relação à produção de redações.

### **8.3 Segundo Encontro: Confecção e Aplicação das Equações de Hidrostática**

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

A proposta desta aula é a formulação das expressões matemáticas pelo aprendiz com o menor envolvimento possível do professor. Relacionando os conceitos físicos contidos no conteúdo de hidrostática a partir de um questionário orientador (APÊNDICE C) parcialmente dirigido e focado em situações que provavelmente a maioria dos estudantes já vivenciou. Almejando assim maior facilidade no entendimento, mas distanciando-se, brevemente, da temática das barragens. Também será um objetivo o a construção interna dos símbolos utilizados pela comunidade científica bem como a formulação e tentativa de uso das equações em problemas selecionados a fim de verificarem suas funcionalidades.

Os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, ambos da aprendizagem significativa, também estarão presentes nessa etapa. Já os princípios facilitadores para que ocorra a aprendizagem significativa crítica presentes foram: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.), 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.), 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.), 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.), 6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.), 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.), 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.), 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.).

#### **CONTEÚDOS:**

Densidade, Pressão, Lei de Stevin e Pressão Atmosférica

### PROPÓSITO:

Aquisição de conhecimento pelos discentes a partir da formulação orientada de equações da hidrostática e de suas utilizações em situações problemáticas.

### DURAÇÃO:

90 minutos

### MODALIDADE DE INTERAÇÃO:

Visual, descritiva e diálogo de apoio.

### MATERIAL DE APOIO:

Questionário orientador abaixo, imagens impressas ou no Datashow, quadro e caderno.

Figura 4 – Questionário Orientador das Deduções das Expressões Matemáticas em Hidrostática

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor: \_\_\_\_\_  
 Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**Atividade de Física– Construção das Expressões Matemáticas em Hidrostática**

-Questionário orientado promovendo o levantamento de hipóteses, com certa análise e objetivo de construção das expressões matemáticas.

1- Ao martelar um prego em uma madeira (cortar um pedaço de queijo com uma faca), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

2- Qual a pressão que você, estando ereto, exerce sobre o chão? Quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

3- Imaginando agora que estamos mergulhando no mar com tanque de oxigênio. O que acontece com o nosso corpo, sensações perceptíveis, à medida que nos deslocamos em direção ao fundo do mar? Consideração apenas a coluna de água acima de nós, quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

4- Levando em consideração as condições do exercício 3. Se adicionássemos a pressão atmosférica, coluna de ar estando ao nível do mar e medida por Torricelli (760mmHg), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

**Curiosidades sobre algumas unidades de pressão e lugares que os utilizam:**

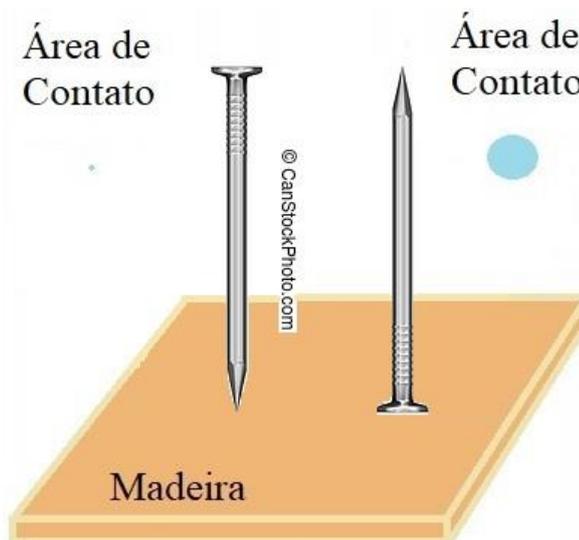
Unidade	Símbolo	Corresponde a	Pais / Região
Pascal	Pa	1 bar = 100.000 Pa	-
Bar	bar	1 bar = 1 bar	Europa Ocidental
Quilopascal (kPa)	kPa	1 bar = 100 kPa	Australia
Megapascal	Mpa	1 bar = 0,1 Mpa	China
Libras por polegada quadrada	psi	1 bar = 14,5 psi	América do Norte
Quilograma força por centímetro quadrado	kgf/cm <sup>2</sup>	1 bar = 1,02 kgf/cm <sup>2</sup>	Índia, Coréia
Polegadas de mercúrio	inHg	1 bar = 29,53 inHg	América do Norte

Fonte: <https://blog.wika.com.br/know-how/unidades-de-pressao-internacionais/>. Acesso em: 02 Fev 2021.

Figura 5 - QUESTIONÁRIO COM POSSÍVEIS RESPOSTAS

1- Ao martelar um prego em uma madeira (cortar um pedaço de queijo com uma faca), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

=>Obteremos a expressão:  $P = \frac{F}{A}$  sendo  $[P] = \text{pressão} \dots\dots\dots \text{Pa (Pascal)}$   
 $[F] = \text{força} \dots\dots\dots \text{N (Newton)}$   
 $[A] = \text{área} \dots\dots\dots \text{m}^2 \text{ (metro quadrado)}$



Fonte: Acervo do Autor

2- Qual a pressão que você, estando ereto, exerce sobre o chão? quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

Unidades

=>Obteremos a expressão:  $P = \frac{m \cdot g}{A}$  sendo  $[m] = \text{massa} \dots\dots\dots \text{kg}$   
 $[g] = \text{aceleração gravitacional} \dots\dots \text{m/s}^2$

\*(lembrando que força peso é  $p = m \cdot g$ )

\*\* (exemplificar com desenho no quadro ou com algum voluntário)

\*\*\* (solicitar que meçam a área do solado dos seus pés com a régua)

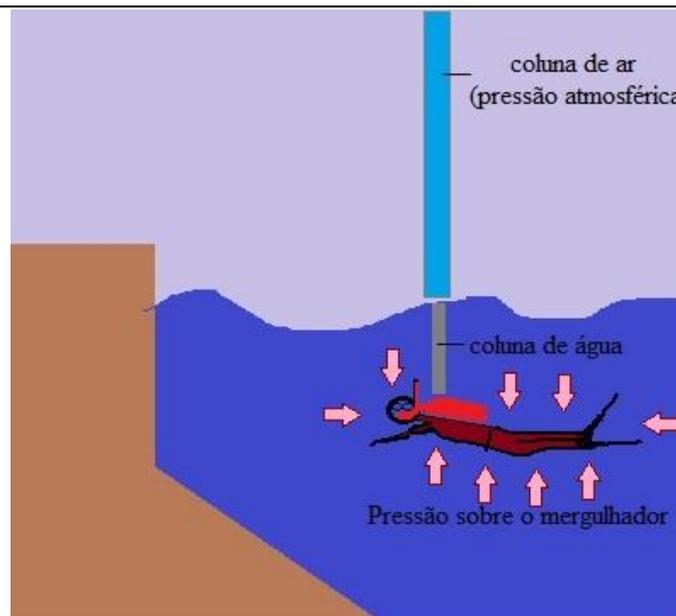
3- Imaginando agora que estamos mergulhando no mar com tanque de oxigênio. O que acontece com o nosso corpo, sensações perceptíveis, à medida que nos deslocamos em direção ao fundo do mar? Consideração apenas a coluna de água acima de nós, quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

=>Obteremos a expressão:

Unidades(S.I.)

$P = \frac{\rho_f \cdot V \cdot g}{A}$ ; simplificando  $P = \rho_f \cdot g \cdot h$   $[\rho] = \text{densidade do fluido} \dots\dots\dots \text{kg/m}^3$   
 $[V] = \text{Volume} \dots\dots\dots \text{m}^3 \text{ (metro cúbico)}$   
 $[h] = \text{altura} \dots\dots\dots \text{m (metro)}$

\*(lembrando que massa é:  $m = \rho \cdot V$  ; e simplificando  $\frac{V (\text{m}^3)}{A (\text{m}^2)} = h (\text{m})$  (altura))

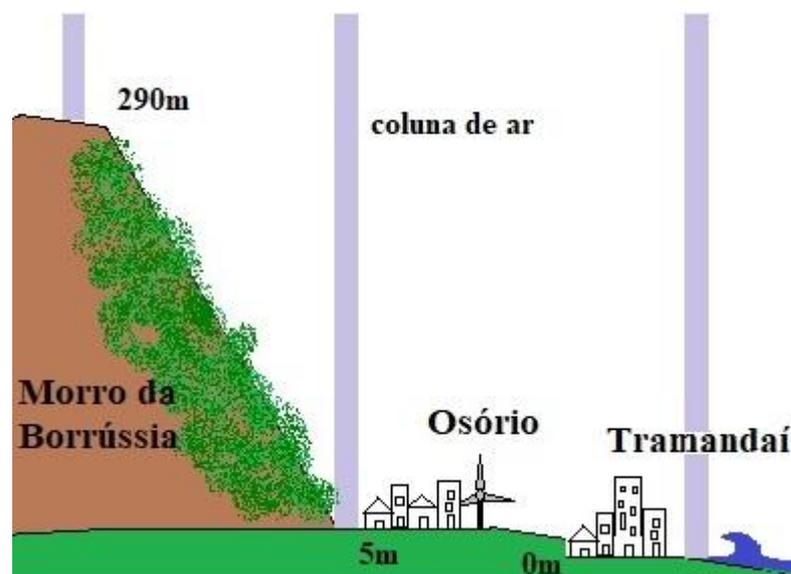


Fonte: Acervo do Autor

4- Levando em consideração as condições do exercício 3. Se adicionássemos a pressão atmosférica, coluna de ar estando ao nível do mar e medida por Torricelli (760mmHg), quais grandezas estarão envolvidas e como se relacionam?

=>Obteremos a expressão:  $P = P_0 + \rho_f .g .h$

\*( $P_0$  é a pressão atmosférica ao nível do mar que equivale a  $1\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{Pa}$  a  $25^\circ\text{C}$ )



Fonte: Acervo do Autor

Figura 6 - QUESTIONÁRIO USADO PARA A APLICAÇÃO DAS EXPRESSÕES MATEMÁTICA

Exercícios:

- 1- Para pregar um prego numa parede, aplica-se uma martelada que transmite ao prego uma força de 50 N. A área de contato da ponta do prego com a parede é de  $0,2 \text{ mm}^2$  ( $0,0000002 \text{ m}^2$ ). Calcule a pressão exercida sobre a parede no instante da martelada.
- 2- Qual a pressão que você, estando ereto, exerce sobre o chão?
- 3- (UFES) A altitude é um fator que influencia condições ambientais e, por isso, é levada em consideração na prática esportiva. É **correto** afirmar que o aumento da altitude causa
  - a) aumento da longitude.
  - b) diminuição da latitude.
  - c) aumento da densidade do ar.
  - d) diminuição da pressão atmosférica.
  - e) diminuição dos valores de insolação.
- 4- Em um submarino submerso a 100m abaixo do nível do mar está submetido a uma pressão de 11 atm, quando ele sobe até uma altura de 50m abaixo do nível do mar qual é a pressão exercida sobre ele? Dados  $1 \text{ atm} = 100000 \text{ Pa}$ , densidade da água  $d = 1000 \text{ kg/m}^3$  e aceleração da gravidade  $= 10 \text{ m/s}^2$

Fonte: Elaborada pelo Autor

## DESCRIÇÃO:

O professor deve ter paciência e incentivar sempre que possível seus alunos pois essa prática de obtenção de equações não é de costume do ensino tradicional, onde o estudante recebe, decora e repete. O uso do pensamento e da imaginação serão importantes nesse momento junto com os levantamentos de hipóteses e a aceitação do “erro” como parte do processo de aprendizagem. Permitindo que realizem a tarefa individualmente por aproximadamente 20 minutos, liberar diálogos entre os presentes auxiliando indiretamente, trazendo novos questionamentos próximos ao assunto sem fornecer a resposta diretamente. Exemplificado: A ponta do prego mais fina ou menos fina possui maior facilidade de penetrar na madeira?, A pressão que vocês exercem sobre o chão depende da massa que possuem? E depende da aceleração gravitacional local?, Ao mergulhar em um líquido, a densidade do fluido influencia na pressão exercida sobre o corpo? Lembrem que massa é a densidade multiplicada pelo volume?, etc. Assim, passados aproximadamente 40 minutos, projetar imagens que ajudem no entendimento e na construção, agora conjunta, das quatro equações. Na sequência promover a resolução de quatro exercícios para que possam utilizar seus novos possíveis conhecimentos. Atenção para inserção matemática que necessita um pouco de cuidado pois depende do nível em que a turma se encontra. Então o orientador deve estabelecer a velocidade do andamento do produto mediante a esse nível. O papel do professor sempre deverá ser o de incentivar a tentativa de realização da atividade sem ter como objetivo o acerto e sim a construção do processo com análises de possíveis erros. Os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, ambos da aprendizagem significativa, também estarão presentes nessa etapa. O uso de imagens, fornecidas também após algum tempo, em cada questão ajuda na compreensão e desenvolvimento do pensamento do aprendiz.

#### **8.4 Atividade Domiciliar I – Construção de experimentos promovendo análise orientada**

##### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Essa atividade é a que foi solicitada organização em grupos no primeiro encontro. Ela visa atingir a aprendizagem significativa crítica, utilizando-se boa parte dos princípios facilitadores, através da construção e visualização de experimentos a serem feitos em grupos mediante ao uso de um roteiro orientador com perguntas para análise.

Os princípios facilitadores a serem utilizados: 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.), 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.), 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.), 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.), 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.), 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.), 10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.) e 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

##### **CONTEÚDOS:**

Densidade, Pressão, Lei de Stevin, Pressão Atmosférica e Barragens de Rejeito.

##### **PROPÓSITO:**

Facilitar a compreensão da Hidrostática e do funcionamento de uma Barragem de Rejeito através da construção e visualização dos experimentos propostos a serem

realizados em grupo. Utilizando-se questionários orientadores que possibilitarão o mínimo possível de intervenção por parte do professor.

#### MATERIAL DE APOIO:

Questionário orientador, imagens impressas ou no Datashow, quadro e caderno.

### **8.5 Terceiro Encontro - Apresentação dos experimentos e debate**

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Atingir a aprendizagem significativa crítica utilizando-se boa parte dos princípios facilitadores através da visualização trabalhos a serem apresentados em grupos. Ao final das apresentações, a promoção de um debate entre os integrantes da turma com permitindo falas livres sobre o Tema Barragens de Rejeitos e os experimentos de Hidrostática. É uma estratégia importante a ser considerada na aquisição e enriquecimento do conhecimento. Os princípios facilitadores a serem utilizados: 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.), 4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.), 5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.), 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.), 8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.), 9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.), 10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.) e 11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

#### CONTEÚDOS:

Densidade, Pressão, Pressão Atmosférica, Lei de Stevin e Barragens de Rejeitos.

#### PROPÓSITO:

Facilitar a compreensão da Hidrostática e do funcionamento de uma Barragem de Rejeito através das apresentações dos experimentos propostos pelos grupos e de breve debate.

#### DURAÇÃO:

60 minutos para apresentações e 30 minutos para debate.

#### MODALIDADE DE INTERAÇÃO:

Apresentação dos trabalhos dos estudantes e debate de maneira visual e oral.

#### MATERIAL DE APOIO:

Datashow ou televisão, quadro, computador contendo requisitos necessários.

#### DESCRIÇÃO:

Disponibilizar os materiais necessários para as apresentações dos discentes. Permitir que se organizem para a ordem de exibição, porém intervindo com sorteio se necessário em caso de desacordos. O professor deve anotar pontos importantes para que ao fim das exposições sejam reforçados, corrigidos ou completados. Perguntas instigando os pronunciamentos dos estudantes, com objetivo de agregar e não punir, mostram-se efetivas na aprendizagem significativa crítica. O debate, se possível em círculo, deve ser orientado de maneira construtiva utilizando comunicação gentil (ou não violenta) afim de que o pensamento seja aprofundado e os argumentos melhor organizados.

Ao final da aula fornecer o material e solicitar aos alunos que componham um rascunho da redação em casa, de forma assíncrona, utilizando os pontos

importantes coletados no primeiro encontro, para que realizem a produção textual final na primeira parte do próximo encontro.

## **8.6 Quarto Encontro (Etapa I) – Construção da Redação Argumentativa**

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

A aula é direcionada para a construção de uma redação em que o tema envolverá a hipotética construção de uma barragem de rejeitos na região do município de Osório (APÊNDICE E). A utilização de um assunto de relevância fará surgir opiniões e conduzir para o aumento na predisposição em aprender dos alunos. O ato de formar argumentos, repensá-los, inseri-los dentro de um contexto social próximo, atribuindo novos significados a um dado subsunção e integrando significados; faz com que dois processos principais da aprendizagem significativa fossem identificados: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Para a produção do texto, os princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica presentes serão: 4- Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.), 5- Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.), 10- Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.) 11- Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.).

### **CONTEÚDOS:**

Hidrostática e Barragens de Rejeitos

### **PROPÓSITO:**

Analisar a auto-organização dos conhecimentos adquiridos no decorrer das aulas, relacionado às Barragens de Rejeitos, o social e a Hidrostática; durante a produção textual argumentativa proposta.

DURAÇÃO:

35 minutos para a Redação

MODALIDADE DE INTERAÇÃO:

Descritiva e Argumentativa

MATERIAL DE APOIO:

Disciplina:

Professor:

Nome:

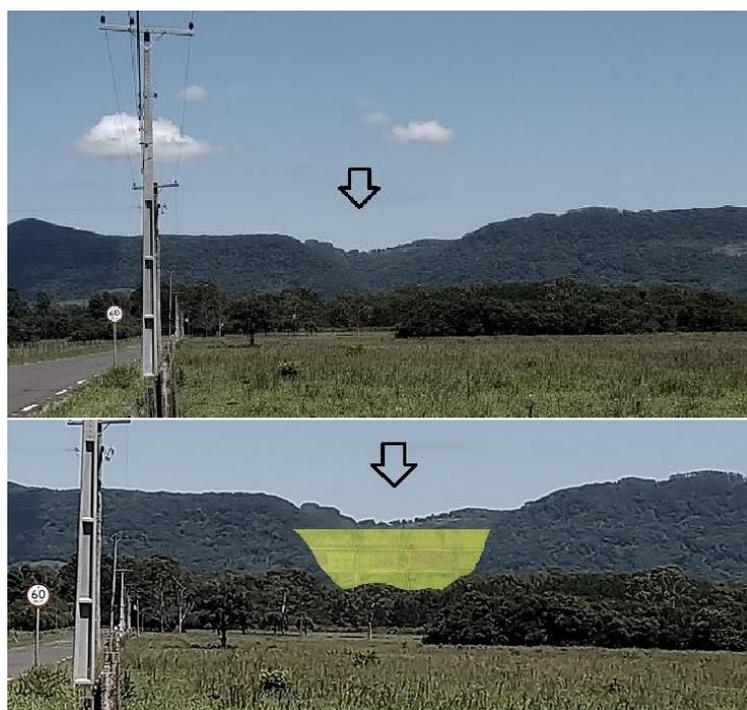
Data:

Turma:

### Instruções para a Redação Argumentativa

Imagine que uma empresa mineradora tem interesse em construir uma barragem de rejeitos ao lado da cidade de Osório e a prefeitura decidiu consultar a população sobre o assunto. Posicione-se usando diferentes argumentos se você é a favor ou não da construção da barragem. (faça um texto de 20 a 25 linhas contendo: Introdução, Argumento 1, Argumento 2 e Conclusão).

Local da possível barragem imaginativa



(Morro de Osório – Rampa Norte. Foto: Acervo do autor)

## DESCRIÇÃO:

Este encontro terá quase nenhuma intervenção. Sendo tarefa individual onde os estudantes poderão expor suas opiniões com bases argumentativas mais aprofundadas, reorganizadas e repensadas. As redações devem ser analisadas e corrigidas nos critérios combinados previamente com outra disciplina ou com os alunos. É sugerido o uso a estrutura fornecida pelo vestibular da universidade próxima.

### **8.7 Quarto Encontro (Etapa II) – Questionário Final**

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

A atividade final, um questionário (APÊNDICE F) contendo perguntas integradas sobre hidrostática e barragens de rejeitos, tem como objetivo de averiguar a aprendizagem significativa crítica e a evolução dos estudantes pela análise de suas respostas. Chamo a atenção para as perguntas, pois estas não são idênticas ao primeiro questionário, mas sim possuem certa similaridade. Então será verificado se houve aumento no uso de conceitos Físicos, apresentados no decorrer da aplicação do produto, na argumentação de suas respostas. Os princípios facilitados com maior presença para a aquisição da aprendizagem significativa crítica serão: 1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos, 2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas, 3. Aprender a partir de distintos materiais educativos, 4- Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.), 5- Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.), 7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros, 8- Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.) e 11- Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

## CONTEÚDOS:

Hidrostática e Barragens de Rejeitos

## PROPÓSITO:

O intuito é observar as aquisições, aplicabilidades e a evolução dos estudantes mediante aos problemas propostos.

## DURAÇÃO:

55 minutos para o Questionário Final

## MODALIDADE DE INTERAÇÃO:

Descritiva

## MATERIAL DE APOIO:

### Questionário Final

1. O volume de rejeitos despejados para o meio ambiente no acidente envolvendo o rompimento da Barragem do Fundão no município de Mariana (MG), segundo a revista Arquivos (arquivos do museu da história natural/UFMG), foram de 34 milhões de  $m^3$ . Com o intuito de averiguar as noções de espaço, escreva dois exemplo de objetos do cotidiano que possuem dimensões aproximadas de:  $1mm^3$ ,  $1cm^3$ ,  $1dm^3$ e  $1m^3$ .
2. Qual é a massa de  $1000cm^3$  de rejeito de minério sabendo que sua densidade é  $3,5 g/cm^3$ .
3. Quais as possíveis Grandezas físicas que influenciaram na ruptura das barragens de Mariana e Brumadinho? Por quê?
4. Ao subir o Morro da Borússia, aproximadamente 380m de altura, geralmente sentimos um “estourinho” no ouvido. Tente explicar a ocorrência desse fato.
5. Por que é mais fácil “boiar” (exercer flutuação corporal) no mar do que na lagoa.

6. Uma Barragem de rejeito de minério, hipotética, foi construída perto da sua cidade. Você percebe que se ela rompesse iria causar danos na cidade e no meio ambiente. O que você faria?
7. Em relação à questão 6, você se preocuparia mais em épocas de seca ou de chuvas? Por quê?
8. Você se preocuparia com a forma e material usada na construção dessa barragem referida na questão 6? Por quê?
9. Qual a pressão total existente no fundo da Barragem, descrita na questão 6, sendo a densidade média do rejeito fluido de  $3500\text{kg/m}^3$  e altura de 15m. (utilize  $g = 10\text{m/s}^2$  e  $P_0 = 100000\text{Pa}$ )
10. Com sinceridade responda: quais dificuldades, facilidades e sugestões; encontres nessa metodologia aplicada sobre Hidrostática.

Fonte: Elaborada pelo Autor

### DESCRIÇÃO:

Este encontro terá nenhuma intervenção por parte do professor. Sendo tarefa individual, os estudantes poderão refletir sobre seus conhecimentos e organizando-os a fim de obter argumentos, tanto teóricos como matemáticos, para responderem as questões. É importante a correção desse questionário final no início da próxima aula para que a maior parte das dúvidas sejam discutidas.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A sequência didática apresentada visa à aprendizagem significativa crítica se utilizando de um tema sociocientífico envolvendo a hidrostática e os rompimentos das barragens de Fundão da mineradora Samarco em Bento Rodrigues, município de Mariana(MG), ocorrido em novembro de 2015 e córrego do Feijão em Brumadinho(MG). O tema tratado apresentou-se relevante, pois contribuiu para que boa parte dos alunos ampliassem suas visões, relacionadas com a ciência e o social, percebendo a importância e a aplicabilidade dos conceitos físicos e das tecnologias que envolvem a hidrostática e o sistema de barragens de rejeitos. Ao exporem seus argumentos, baseados em pesquisas e conhecimentos físicos, puderam organizar suas ideias e embasar melhor suas opiniões referentes ao assunto. Também foi percebido que a construção das expressões matemáticas necessitam de cuidados devido às lacunas que os alunos estão apresentando na disciplina de matemática e também pelo ensino tradicional que não os estimula muito em pensar.

## REFERÊNCIAS

AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científico-tecnológica pra quê? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 03, n. 1, p. 122–134, 2001.

CARDOZO, Fernando Alves Cantini; **Barragens De Rejeito De Mineração: Considerações Gerais e Aspectos Geotécnicos**, 2019.

DA COSTA, Alice Scherer. **Desenvolvimento de uma Proposta para o Ensino de Hidrostática voltada para a Aprendizagem Significativa**, (2007).

FEITOSA, Valdimir Meneses de Brito. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa em Hidrostática**. (2017)

GREGORCIC, Bor; Bodin, Madelen: Algodoo: **A tool for encouraging creativity in physics teaching and learning**. In: *The Physics Teacher*, pp. 25–28, 2017.

HEWITT. Paul. **Física Conceitual**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2002. 9ª edição.

LIMA, Luiz Paulo Fernandes. **Ensino de Hidrostática voltada para Irrigação de Frutos e Hortaliças, através da Aprendizagem Significativa**, (2016).

LUZ, Adão Benvindo; LINS, Fernando A. Freitas **Introdução ao Tratamento de Minérios** CETEM, Rio de Janeiro Agosto/2010.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **A Visão Etnográfica De Bruno Latour Da Ciência Moderna E a Antropologia**. Revista Brasileira de Ensino Ciência e Tecnologia, v. 10, n. 3, p. 61–80, 2017.

MEIRELES, F. S., Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Socioambientais; Curso Segurança de Barragens; FUNDAÇÃO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU – BRASIL

MONTEIRO, Alciene Balica. **Aplicação de Kit didático em aula de Hidrostática no Ensino Médio na perspectiva da Aprendizagem Significativa**. (2019)

MOREIRA, M. A., **O que é afinal aprendizagem significativa? (After all, what is meaningful learning?)**. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A., Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.) (1997). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. Pp. 19-44.

MOREIRA, M. A., **Abandono da Narrativa, Ensino Centrado no Aluno e Aprender a Aprender Criticamente**, VI Encontro Internacional e III Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, São Paulo, SP, 26 a 30 de julho de 2010.

MOREIRA, M. A., **Aprendizagem Significativa Crítica**, Publicada também em

Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010;

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. V. 2.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma Análise de pressupostos teóricos de abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da educação Brasileira**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, p. 110–132, 2000.

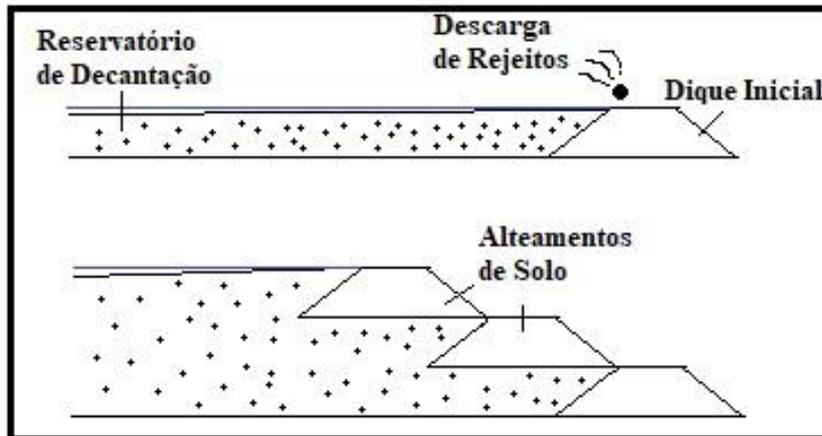
SOARES, LINDOLFO; **Barragem de Rejeitos** Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios, 5ª Edição – Capítulo 19 – p. 831–896. Editores: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina A. França, 2010.

VÁSQUEZ ARNEZ, Fernando Ivan; SOARES, Lindolfo. **Avaliação das principais causas de acidentes em barragens de contenção de rejeitos devido a fatores geológicos e geotécnicos**. 1999. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

WINNER, L.. **La ballena y el reactor: em búsqueda de los limites em la era de la alta tecnologia**. Barcelona: Gedisa, 1987

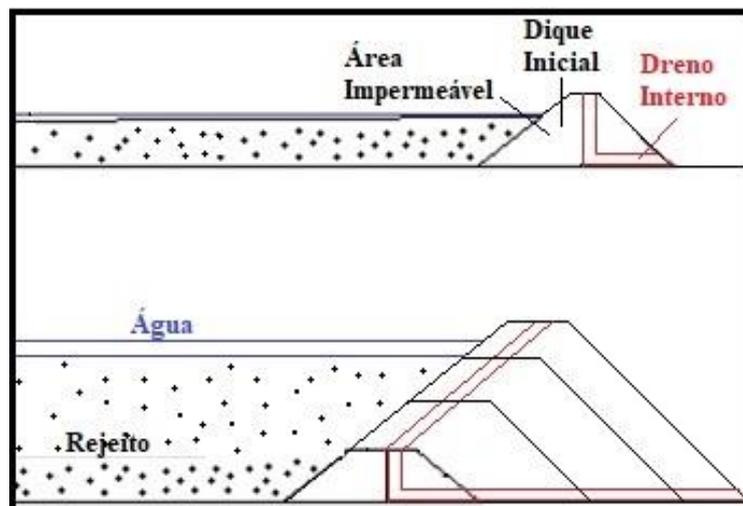
## APÊNDICE A – TIPOS DE BARRAGENS

**Figura:** Sequência de alteamento de barragens de pelo método de montante modificado



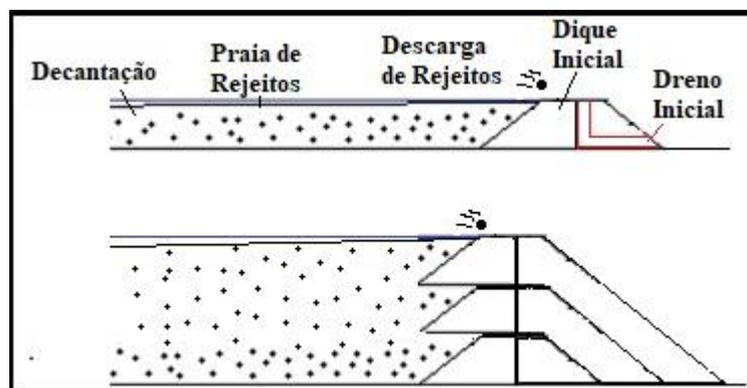
Fonte: Acervo do Autor.

**Figura:** Sequência de alteamento da barragem pelo método de jusante.



Fonte: Acervo do Autor

**Figura:** Sequência de alteamento pelo método de linha de centro.

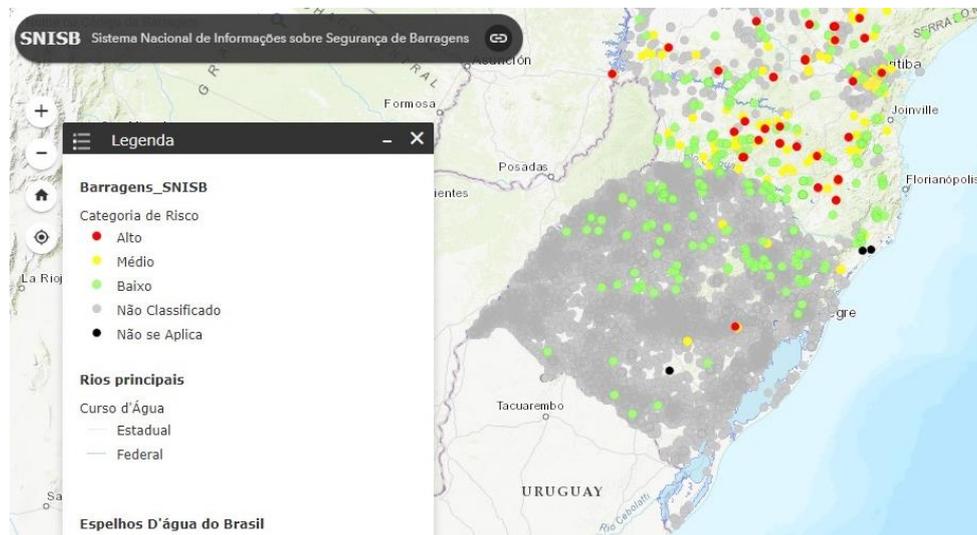


Fonte: Acervo do Autor

## ANEXOS

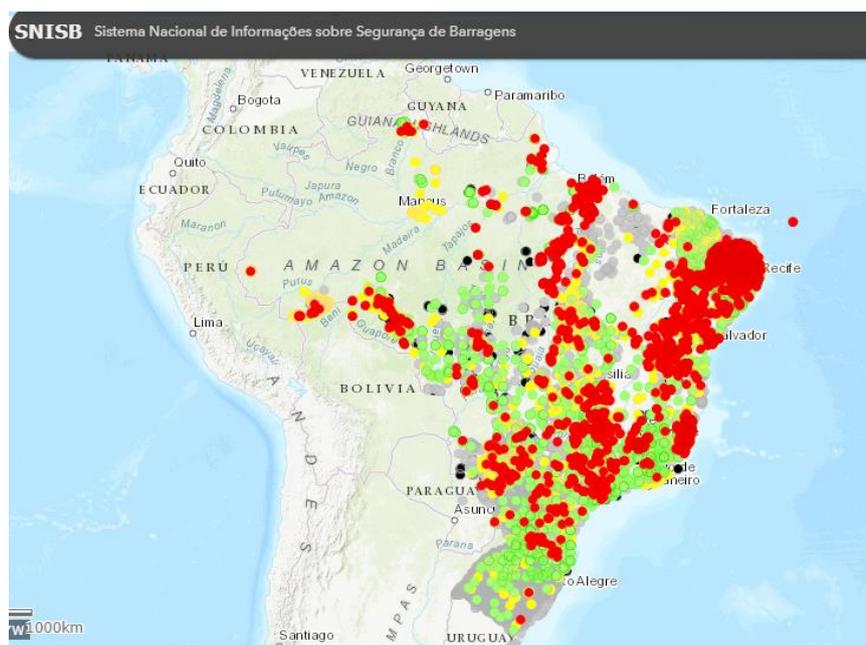
### ANEXO A – BARRAGENS EM RISCO

#### IMAGEM 1 – LOCALIDADE DAS BARRAGENS O NÍVEL DE RISCO NO RS – SNISB



Fonte: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=93e7af22c2294572b5aa554dfc048bc4> – Acesso em: 18 Maio 2021

#### IMAGEM 2 – LOCALIDADE DAS BARRAGENS E O NÍVEL DE RISCO NO BRASIL



(Fonte: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=93e7af22c2294572b5aa554dfc048bc4> - Acesso em: 18 maio 2021)

ANEXO B – PRODUÇÃO BRUTA E PRODUÇÃO BENEFICIADA DAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS SELECIONADAS PARA O DIAGNÓSTICO - EM TONELADA (2005)

Substância	Produção bruta	Produção beneficiada
Ferro	376.195.336	280.553.913
Calcário	80.379.623	71.321.864
Titânio	36.253.585	179.297
Fosfato/rocha fosfática	34.533.549	5.450.058
Alumínio (bauxita)	31.194.142	20.307.425
Ouro	28.369.266	38
Estanho	24.041.692	23.510
Cobre	18.190.048	440.133
Zircônio	13.439.387	25.451
Nióbio	12.633.102	107.344
Caulim	6.621.824	2.318.515
Manganês	6.429.393	3.862.012
Níquel	4.849.504	87.586
Zinco	2.207.857	387.152
Outras 30 substâncias	92.605.069	19.694.769

Fonte: DNPM (2006).

Imagem obtida em 14/02/2022 no site:

[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP\\_Diagn%C3%B3stico\\_2012.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf)

(\*DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral)

ANEXO C – MINERAIS E A BALANÇA COMERCIAL DO BRASIL

