

UMA PROPOSTA DE ENSINO DO PRINCÍPIO DE STEVIN ATRAVÉS DO MÉTODO PREDIZER – OBSERVAR – EXPLICAR (POE)

A TEACHING PROPOSAL ABOUT STEVIN PRINCIPLE THROUGH PREDICT – OBSERVE-EXPLAIN METHOD

Alberto Silva Cid¹, Daniel Guilherme Gomes Sasaki¹

¹CEFET/RJ, alberto.cid@cefet-rj.br (grupo de pesquisa: Ciência em Aplicações)

²CEFET/RJ, Daniel.sasaki@cefet-rj.br

Resumo

Geralmente, as aulas experimentais tradicionais são apenas uma ilustração da teoria, guiadas por um roteiro constituído de instruções que devem ser seguidas passo a passo pelos estudantes (modelo cookbook). Alternativamente, este trabalho reporta uma aula prática sobre o Princípio de Stevin, com duas turmas do 2º ano dos cursos integrados de Química e de Alimentos no CEFET/Valença. Utilizou-se a metodologia de aprendizagem ativa Predizer – Observar – Explicar (POE), mediada por uma animação do site PHET relativa ao tema e também um vídeo do site TedEd sobre a história do Barômetro. O método POE está baseado no conceito de conflito cognitivo gerado quando a observação de um fenômeno é feita após o estudante discutir a sua previsão com seus pares e registrar o resultado da discussão por escrito. A metodologia serve tanto para construir e/ou desenvolver conceitos pelos aprendizes, como ferramenta de avaliação diagnóstica para o docente. Em relação à avaliação diagnóstica, as concepções prévias dos estudantes sobre o aumento da pressão em um fluido com a altura, a densidade e a aceleração da gravidade se revelaram corretas e foram endossadas pela observação da animação. Por outro lado, na segunda metade das previsões houve conflito cognitivo acerca da relação entre pressão atmosférica e a altura da coluna do fluido em um barômetro. Ao final, as respostas dos estudantes se revelaram mais próximas do modelo científico vigente. Esta experiência piloto será a base para a construção de uma sequência didática completa de atividades experimentais sobre estática e dinâmica dos fluidos, através da metodologia POE.

Palavras-chave: Metodologia POE, Aprendizagem ativa, Hidrostática, Laboratório.

Abstract

In general, traditional experimental lessons are just an illustration of the theory, guided by a script consisting of instructions that must be followed by students step by step (cookbook model). Alternatively, this work reports a practical lesson on the Stevin Principle, with two classes of the 2nd year of the integrated courses in Chemistry and Food engineering at CEFET/Valença. It was used the active learning

methodology Predict - Observe - Explain (POE), mediated by an animation related to the theme of the site PHET and also a video on the history of the Barometer of the site TedEd. The POE method is relied on the concept of cognitive conflict, which is produced when the observation of a phenomenon is made after the student discusses his prediction with his peers and records the result of the discussion in a worksheet. The methodology can be used both to construct and/or develop concepts by the learners and a diagnostic evaluation tool for the teacher. Regarding the diagnostic evaluation, the students' previous conceptions about the increase of the pressure in a fluid with respect of height, density and acceleration of the gravity were proved correct and were endorsed by the observation of the animation. On the other hand, in the second half of the predictions there was cognitive conflict about the relationship between atmospheric pressure and the height of the fluid column in a barometer. At the end, student's explanations turned out closer to the current scientific model. This pilot experiment is the first step to construction of a complete teaching sequence of experimental activities on static and fluid dynamics, based on POE methodology.

Keywords: POE methodology, Active Learning, Hydrostatics, Laboratory.

Introdução

A Física tornou-se, no transcorrer dos últimos séculos, uma ciência que por essência é fruto do equilíbrio indissociável entre teoria e experimentação. Entretanto, o saber proveniente do espaço do laboratório, visto como experimental e operativo, é raramente transposto para o espaço da sala de aula, eminentemente conceitual e teórico. No cotidiano das atividades escolares, quando a experimentação é empregada, nota-se que é vigente a ideia reducionista de caracterizar os experimentos como mera ilustração da teoria. De fato, nesse modelo conhecido como laboratório estruturado (*cookbook model*, em inglês), os estudantes divididos em grupos recebem o equipamento e executam a montagem e/ou o experimento, guiados por roteiros que devem ser cumpridos passo a passo, em geral com o objetivo de “provar” uma lei aprendida na teoria (BORGES, 2002). Tais roteiros objetivam, simplesmente, determinar a medida de uma grandeza e sua comparação com um valor conhecido, excluindo concepções prévias, contextualização histórica, construção e problematização de conceitos, limitações de modelos estabelecidos e, em última análise, a própria metodologia através da qual se produz conhecimento científico (HODSON, 1994; HOFSTEIN, 2004; TAMIR, 1989). Infelizmente, esse modelo de ensino de atividades experimentais ainda é amplamente empregado nos dias de hoje, apesar das inúmeras discussões sobre a sua ineficácia, como ilustra um artigo recente de coautoria de um prêmio Nobel de Física (HOLMES, 2017).

Exibido, brevemente, o cenário no qual estamos inseridos e utilizando experimentos de baixo custo e animações *online* como instrumentação didática, propomos o emprego da metodologia Predizer – Observar – Explicar (POE) para ensinar o Princípio de Stevin e aplicações. O método POE pode ser implementado tanto com experimentos de baixo custo quanto com animações ou simulações e aplicativos de celular, de tal forma que é extremamente barato tornar a sala de aula convencional em um interessante e eficiente espaço de elicitación de ideias, colaboração e investigação.

O POE foi originalmente concebido como uma ferramenta de avaliação formativa da aprendizagem para ser empregado concomitantemente a um experimento qualitativo, demonstrado pelo professor em aulas teóricas, após ministrar o conteúdo. Porém atualmente, a metodologia POE tem sido mais utilizada como uma estratégia de promoção de aprendizagem em diversas áreas de ciências (HAYSOM, 2010; LIEW, 2009, SANTOS, 2015; SASAKI, 2017) e já existem pesquisas que comprovam a eficiência do método também com simulações computacionais (BALEN, 2005; TAO, 1999) e vídeos (KEARNEY, 2001). O POE hoje está presente em diversos países, desde a educação básica até os primeiros anos do ensino superior, e se insere na tendência mundial conhecida como metodologias de aprendizagem centrada no estudante, uma vez que torna o aluno autônomo e sujeito da construção do próprio conhecimento.

Referencial teórico

O método POE foi criado, originalmente, por Champagne, Klopfer e Anderson, em 1979, com a denominação de Demonstrar – Observar – Explicar (DOE) (CHAMPAGNE, 1980). Posteriormente a ideia foi reformulada por dois pesquisadores australianos construtivistas, Richard White e Richard Gunstone, em 1992, para Predizer – Observar – Explicar (POE) (WHITE, 1992).

A primeira etapa, a previsão tem por objetivo elicitare as concepções prévias do aprendiz sobre um tema específico, isto é tornar explícitas as suas ideias intuitivas e tácitas. Para esse fim, pede-se ao estudante que faça suas previsões sobre uma situação experimental e as justifique de acordo com seus conhecimentos. Essa etapa pode ser considerada também como uma ferramenta diagnóstica de habilidades não relacionadas ao currículo, porque além das concepções prévias, fornece ao docente dados sobre a capacidade de expressão e organização de ideias dos estudantes. Geralmente, nessa etapa é dito aos alunos para que sejam “sinceros, escrevam somente aquilo que pensam e não tenham preocupação em dar a resposta correta”, visto que nenhuma etapa do método POE é passível de avaliação somativa. Infelizmente, é notória a busca pela resposta esperada considerada padrão ao longo das aulas tradicionais, o que torna evidente o caráter de “adestramento” desenvolvido pela escola como um todo.

Na segunda etapa, a observação, o estudante executa e/ou observa o experimento ou simulação, sendo instigado a comparar e avaliar as suas previsões com o resultado visto por ele. Na última etapa, a explicação, o aluno deve explicar o motivo das diferenças entre o previsto e o observado, caso existam. Em suma, a metodologia POE possibilita que o estudante desenvolva, através da escrita, o pensamento lógico dedutivo, já que é necessário diante de uma situação inédita elaborar uma previsão, observar um fenômeno e através da observação desconstruir ou ratificar modelos próprios.

Espera-se que ao se aplicar a metodologia POE, surjam discrepâncias entre a previsão e o resultado observado do experimento, de modo que os alunos possam discutir as hipóteses levantadas e, com auxílio do professor, tomar consciência das concepções que os levaram a tais hipóteses. É importante, que o docente tenha o cuidado de construir situações que promovam o contraste entre o conhecimento prévio do aluno com as observações, porém é importante também haver situações que confirmem a resposta intuitiva. Esse equilíbrio deve ser pensado para que os estudantes não fiquem desestimulados e percebam que também são capazes de criarem modelos que estão de acordo com o pensamento científico vigente.

O fundamento teórico que inspirou a metodologia POE é sem dúvida o conceito de conflito cognitivo oriundo da teoria de equilíbrio das estruturas cognitivas de Piaget (PIAGET, 1976). Quando ocorre um conflito cognitivo, o aprendiz procura inicialmente estabelecer a chamada assimilação do fenômeno observado à sua estrutura mental de modelos. Se essa assimilação não for viável devido às incoerências entre o seu modelo e a realidade, então ocorre um desequilíbrio, isto é, uma situação de conflito nas suas estruturas conceituais. Para se restabelecer um outro equilíbrio que explique a situação discrepante, faz-se necessário um esforço cognitivo para modificar, acrescentar e construir novas estruturas de pensamento, denominado acomodação. O mecanismo de equilíbrio se dá através de três comportamentos: o alfa, que consiste na tentativa de neutralizar a perturbação, ignorando-a, rejeitando-a ou afastando-a de qualquer reflexão. O comportamento beta, que procura integrar a perturbação no sistema de pensamento, através de uma reinterpretação dos resultados anômalos ou da elaboração de hipóteses *ad hoc*. Por fim, o comportamento gama se caracteriza pelo resgate do equilíbrio através de uma mudança conceitual. A metodologia POE é

uma técnica de aprendizagem ativa que almeja conduzir os estudantes a desenvolverem esse último tipo de comportamento.

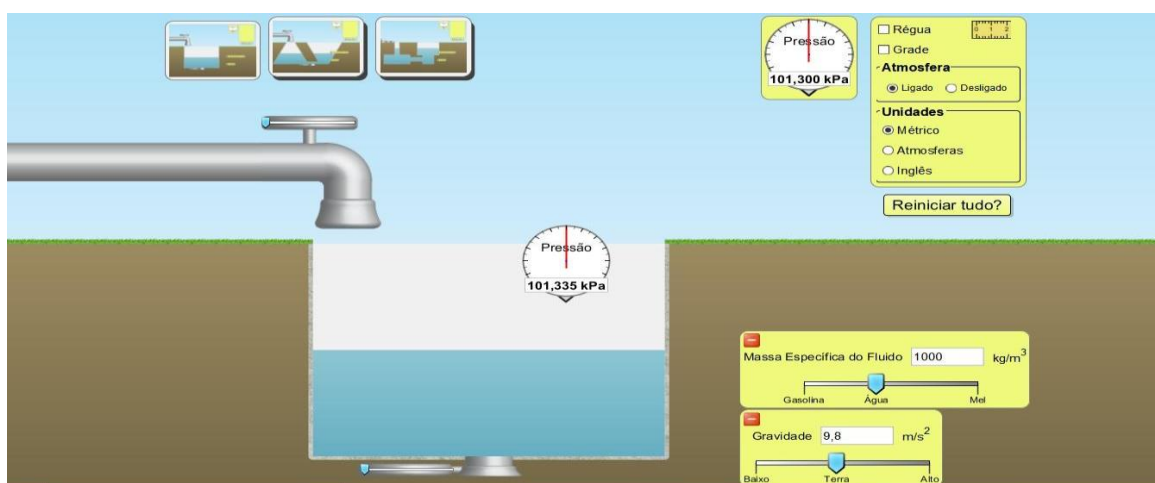
Metodologia

Na segunda semana do ano letivo de 2018, a metodologia POE foi utilizada para ensinar o princípio de Stevin a duas turmas do 2º ano dos cursos integrados de Química e de Alimentos no CEFET/Valença. Ao todo, os estudantes foram divididos em pequenos doze grupos, sendo três grupos de dois integrantes, seis grupos de três integrantes, três grupos de quatro integrantes, um grupo de cinco integrantes, além de um aluno que trabalhou individualmente. A heterogeneidade do número de integrantes por grupo justifica-se devido a fatores como integração das turmas e alunos que chegaram depois do início da atividade.

Em seguida, o questionário contendo 16 perguntas divididas nas três etapas da metodologia POE foi entregue a cada grupo (vide apêndice). Solicitou-se para que somente as questões de um a cinco fossem respondidas em um primeiro momento, empregando-se a intuição e os conhecimentos prévios (etapa previsão). Nessa etapa eles discutiram as suas ideias entre si até chegarem em uma conclusão que foi registrada por escrito no questionário. Na etapa da observação foram feitos os experimentos relativos às questões 1, 2 e 3, utilizando um simulador do PHET sobre pressão (Figura 1). Já para os experimentos concernentes às questões 4 e 5 recorreu-se a apresentação de um vídeo do TEDeD sobre a história do barômetro, a fim de gerar discussão sobre a criação, uso e o funcionamento desse instrumento imprescindível, por exemplo, no campo da Meteorologia. Finalmente, os estudantes realizaram em grupo a etapa da explicação cujo objetivo é propiciar a acomodação do conflito cognitivo que foi gerado nas etapas anteriores do método POE.

O Princípio de Stevin foi discutido e desenvolvido a partir das definições de pressão e densidade, considerando-se um recipiente cheio de água com o objetivo de se calcular a pressão exercida pela coluna de água sobre o fundo do recipiente. Uma vez que o líquido encontra-se em estado de equilíbrio, a força de contato entre

O



líquido e o fundo pode ser igualada a força peso. Considerando que $P = m \cdot g$ e $m = d \cdot V$, e realizando as devidas substituições, chegamos na expressão $P = d \cdot g \cdot H$.

Figura 1. Simulador do PHET sobre pressão.

Uma vez obtida a expressão da pressão em função dos parâmetros relevantes $P=d.g.H$ foi discutido o âmbito de aplicação dessa equação. Dessa forma, trabalha-se em uma mesma aula a relação matemática entre os conceitos envolvidos de forma concomitante à habilidade experimental, mostrando que a Física construída em laboratório é representada através de modelos matemáticos que possuem condições para os quais podem ser aplicados.

Resultados

Ao longo do desenvolvimento da atividade foi notado que as questões 1, 2 e 3 não geraram conflito cognitivo, uma vez que as observações corresponderam ao previsto pela maioria dos grupos. Esse fato era esperado, uma vez que as três questões foram criadas, propositalmente, para que os alunos percebam que já trazem para a aula um modelo preconcebido e que por vezes esse modelo corresponde àquele aceito pela comunidade científica. Portanto, foi verificado que os doze grupos realizaram previsões em acordo com os resultados experimentais para a primeira questão, estabelecendo a relação entre profundidade e pressão, porém sem qualquer justificativa. Quanto à segunda questão, dez grupos estabeleceram uma relação diretamente proporcional entre o aumento da pressão e a densidade da substância, uma vez que disseram ser o mel mais denso do que água. Dentre esses dez grupos, dois relacionaram o aumento da força peso a maior densidade do mel. Um dos grupos escreveu: *“A pressão será maior, pois o mel é mais denso que a água, então a força exercida pela gravidade será maior, aumentando a pressão.”* Os outros oito grupos limitaram-se a respostas como *“maior”* ou *“é maior, pois o mel é mais denso”*. Dentre os dois grupos restantes, um escreveu esperar que a pressão seria menor e um outro disse que não aconteceria nada de significativo. Portanto, aproximadamente 83% dos grupos realizaram a previsão de acordo com o esperado. Já em relação à terceira questão, os doze grupos estabeleceram a relação esperada entre gravidade e pressão, porém com justificativas redundantes tais como: *“Será maior pois quanto maior a gravidade maior o peso”*; *“maior, pois a relação entre pressão e profundidade envolve a gravidade”*; *“maior, pois a pressão está diretamente relacionada à força que por sua vez está relacionada a aceleração da gravidade”*.

Por outro lado, as questões 4 e 5 geraram conflito cognitivo, uma vez que a grande parte realizou a previsão em desacordo com a discussão realizada pelo vídeo sobre a história do barômetro. Os estudantes, majoritariamente, desconheciam o instrumento de tal forma que apenas haviam escutado menções ao nome barômetro. Quanto a questão 4, um grupo respondeu que o nível da coluna de mercúrio subiria, seis grupos responderam que o nível da coluna de mercúrio seria menor, cinco grupos responderam que nada aconteceria e um grupo deu uma resposta discrepante às opções esperadas. Portanto, aproximadamente 8% dos grupos acreditavam que a coluna de mercúrio iria aumentar, 50% que a coluna iria diminuir e 42% previu que a coluna de mercúrio permaneceria no mesmo nível sem que nada acontecesse. Respostas representativas dos estudantes que acreditavam na descida da coluna de mercúrio são: *“O mercúrio irá se igualar a pressão atmosférica”*, *“o líquido vai baixar por causa da pressão”*, *“irá baixar até a pressão deste e da atmosfera ficar igual”* e *“ele irá descer até se igualar, pois é a mesma substância”*. Enquanto respostas típicas daqueles que creem que nada ocorrerá são:

“ vai diminuir um pouco”, “Ficará estável, pois a pressão é a mesma em ambos os recipientes”, “ nada, permanecerá da mesma forma pois os líquidos são iguais, ambos são mercúrio”, “ o mercúrio dentro do tubo não irá ter nenhuma alteração em sua quantidade por causa da pressão exercida pela atmosférica”. Ressaltamos que todas as respostas mencionadas foram transcritas na íntegra, inclusive com os erros de concordância e ortografia. A previsão da quinta questão deveria ser coerente com a primeira, mas alguns grupos erraram a quarta questão, enquanto acertaram a quinta. Tal fato nos leva a três comportamentos que foram observados no momento da aplicação da atividade: (i) alguns grupos simplesmente não realizaram as previsões relacionadas a questões 4 e/ou 5, esperando o vídeo sobre a história do barômetro para respondê-las; (ii) outros grupos não entenderam bem o problema, porém realizaram as previsões ainda que discrepantes e (iii) aqueles que acertaram ambas questões (4 e 5).

As questões 11, 12 e 13 não foram respondidas pela maioria, devido ao êxito que obtiveram na etapa previsão e as questões 14 e 15 também não foram respondidas pela maioria, possivelmente por não terem sabido como expressar o conflito cognitivo, apesar de ter sido notado ao longo da atividade que esse conflito foi gerado. Durante as aulas posteriores eles demonstraram através de outros exercícios, tais como o da questão 16, domínio dos conceitos necessários para o entendimento do barômetro. Foi notado que a maioria dos alunos compreenderam a relação entre a variação do nível da coluna de mercúrio e a pressão atmosférica.

Conclusões

A metodologia POE demonstra ser uma ferramenta eficaz tanto do ponto de vista da aprendizagem ativa quanto da análise diagnóstica. Em relação à aprendizagem, ela permite ao estudante expor seus conceitos previamente concebidos, tornando-os sujeitos artífices do próprio conhecimento. O estudante torna-se protagonista do processo em oposição àquelas aulas puramente tradicionais sempre centradas na figura do professor. Além disso, ao ser gerado o conflito cognitivo diante dos experimentos observados, o próprio estudante é levado a percepção de seu conhecimento prévio e impulsionado a estabelecer a construção de novas explicações mais próximas do modelo científico vigente. Tais afirmativas são endossadas quando observa-se, durante a execução da atividade, que os próprios estudantes são capazes de desenvolver de forma empírica a relação matemática entre a pressão e a profundidade, dada por $P = d \cdot g \cdot H$. Do ponto de vista da avaliação diagnóstica, o POE constitui uma ferramenta de análise interessante, uma vez que permite ao professor conhecimento mais profundo da relação entre os alunos da turma, além de permitir que as lacunas do conhecimento sejam identificadas, inclusive em outros campos, tais como Português e Matemática.

O emprego do POE propicia, ainda, excelentes oportunidades para o uso de experimentos, animações, simulações e vídeos em sala de aula, uma vez que o conflito cognitivo pode ser melhor evidenciado na grande maioria das vezes pela provocação da sensibilidade auditiva, visual e tátil. Portanto, o POE aliado a outros recursos permite levar o estudante à compreensão da Física como uma ciência, essencialmente, experimental que trabalha com hipóteses que devem ser continuamente testadas para sua validação.

Especificamente, no caso de estudo apresentado, foi notório o envolvimento dos estudantes, uma vez que propiciou um ambiente de debate entre os membros dos grupos durante a etapa da observação e a curiosidade na etapa da observação.

Este estudo pioneiro é o ponto de partida para a elaboração e execução de uma sequência didática completa de aulas experimentais abordando tanto a estática quanto a dinâmica dos fluidos, através da metodologia POE.

Referências

- BALEN, O.; NETZ, P.A. Aplicação da modelagem e simulação no ensino de modelos de sistemas gasosos. **Acta Scientiae**, v. 7, n.2, pp. 29-39, 2005.
- BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, pp.291-313, 2002.
- CHAMPAGNE, A., KLOPFER, L., & ANDERSON, J. Factors influencing the learning of classical mechanics. **American Journal of Physics**, v.48, n.12, pp.1074-1079, 1980.
- HAYSOM, J.; BOWEN, M. Predict, Observe, Explain: Activities Enhancing Scientific Understanding. Arlington: NSTA Press, 2010.
- HODSON D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12,n.3, pp.299-313, 1994.
- HOFSTEIN A.; LUNETTA V. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. **Science Education**, ed.88, pp.28-54,2004.
- HOLMES, N.G.; OLSEN, J.; THOMAS, J.L.; WIEMAN, C.E. Value added or misattributed? A multi-institution study on the educational benefit of labs for reinforcing physics content. **Physical Review Physics Education Research**, v.13,n.1, pp.1-12, 2017.
- KEARNEY, M.; TREAGUST, D.F. Constructivism as a referent in the design and development of a computer program which uses interactive digital video to enhance learning in physics. **Australian Journal of Educational Technology**, v.17,n.1,pp.64-79, 2001.
- LIEW, C.W. Effectiveness of Predict-Observe-Explain Technique. Düsseldorf: Lambert Academic Publishing, 2009.
- PIAGET, J. A equilibração das estruturas cognitivas. Problema central do desenvolvimento. São Paulo: Zahar, 1976.
- Phet INTERACTIVE SIMULATIONS. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/under-pressure>. Acesso em: 07 de março de 2018.
- SANTOS, R.J.; SASAKI, D.G.G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.37, n.3, pp. 1-9, 2015.
- SASAKI, D.G.G.; JESUS, V.L.B. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n.2,pp.1-10, 2017.
- TAMIR, P. Training teachers to teach effectively in the laboratory. **Science education**, v.73,n.1,pp.59-69, 1989.

TAO, P.K.; GUNSTONE, R.F. A process of conceptual change in force and motion during computer-supported Physics instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v.36, pp.859-882, 1999.

WHITE, R.T.; GUNSTONE, R.F. Probing understanding. London: Falmer, 1992.

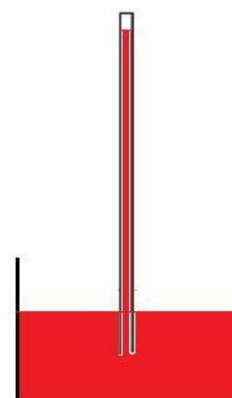
Apêndice

Etapa de Previsão:

1. Imagine que você seja um cinegrafista subaquático e vá mergulhar 100 metros de profundidade para gravar imagens para um documentário. Qual relação você espera encontrar entre a profundidade e a pressão sobre você?
2. Agora, hipoteticamente você mergulhará à mesma profundidade em um tanque com mel. A pressão sobre você será maior, menor ou igual do que na situação da primeira questão? Por quê?
3. Imagine que você mergulhe a 100 metros de profundidade em um outro planeta que também tenha água e a aceleração da gravidade seja duas vezes maior do que na Terra. A pressão sobre você será maior, menor ou igual do que na situação da primeira questão? Por quê?
4. Imagine que você tenha um tubo com mercúrio, aberto em uma das extremidades, e mergulha esse tubo no interior de um tanque com mercúrio. A situação está ilustrada na figura 2. O que você acha que vai acontecer com o mercúrio dentro do tubo?
5. E se você realizar o experimento anterior a uma altitude de 1400 metros. O que acontecerá com a coluna de mercúrio?

Etapa de Observação:

6. Você acertou a questão 1? Se não acertou, coloque a resposta certa abaixo.
7. Você acertou a questão 2? Se não acertou, coloque a resposta certa abaixo.
8. Você acertou a questão 3? Se não acertou, coloque a resposta certa abaixo.
9. Você acertou a questão 4? Se não acertou, coloque a resposta certa abaixo.
10. Você acertou a questão 5? Se não acertou, coloque a resposta certa abaixo.



Etapa de Explicação:

11. Se você errou a questão 1, então explique o motivo do seu erro.
12. Se você errou a questão 2, então explique o motivo do seu erro.
13. Se você errou a questão 3, então explique o motivo do seu erro.

14. Se você errou a questão 4, então explique o motivo do seu erro.
15. Se você errou a questão 5, então explique o motivo do seu erro.
16. Sabendo que a densidade do mercúrio é igual 13500 kg/m^3 e a densidade da água é 1000 kg/m^3 . Qual seria a altura alcançada por uma coluna de água para o experimento da pergunta 4?