

PGD Pressão: relatos de uma investigação sobre os efeitos do problema gerador

RESUMO

Vinicius Machado
vinmac@utfpr.edu.br
orcid.org/0000-0001-9460-8284
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Marilise Carneiro Dalcol
marilisedalcol@alunos.utfpr.edu.br
orcid.org/0000-0002-0413-4861
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Milena Polini de Souza
milenapolinidesouza@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-2343-873X
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Maria Eduarda Fornazari Marques
mariamarques.2001@alunos.utfpr.edu.br
orcid.org/0000-0002-3369-872X
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

A metodologia dos Problemas Geradores de Discussões (PGD) coloca-se como proposta para atender as diretrizes dos cursos de Engenharia (DCN) no que tange à promoção de situações de ensino e aprendizagem que possibilitem a interação da ciência com a tecnologia em todas as dimensões da sociedade. Para a elaboração dessa metodologia o autor buscou orientações junto aos parâmetros das DCN, aos princípios educacionais do enfoque Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS) e nos fundamentos do ensino por meio de Problemas. Este trabalho traz a segunda parte de um conjunto de quatro artigos que apresentam os relatos de uma investigação sobre os efeitos da aplicação da metodologia PGD com o tema pressão no ensino da Física em uma turma de acadêmicos do curso de Engenharia. Um PGD é constituído basicamente por um **problema gerador** e questionamentos voltados para a formação científica/profissional e social/humanista acadêmica. Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar relatos da investigação sobre os efeitos da aplicação do **problema gerador** de um PGD com o tema pressão. Como efeitos, observou-se que a proposta do problema gerador levou os alunos a desenvolverem atividades em grupos: experimentais, cálculos e discussões envolvendo o tema pressão, por meio de sua metodologia. Observou-se também que as atividades desenvolvidas permitiram ao professor, por meio do acompanhamento no desenvolvimento das atividades e da análise dos pré-relatórios e relatórios, avaliar as dificuldades dos alunos em compreender fenômenos físicos e, com isso, dirimir dúvidas e corrigir, por meio das discussões no grande grupo, equívocos em cálculos e/ou procedimentos experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologia PGD; Ensino; Física.

INTRODUÇÃO

Em suas solicitações, as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia - DCN (BRASIL, 2002; 2019) determinam o perfil de um egresso em cursos de Engenharia apto a pesquisar, formular, analisar e resolver problemas, capaz de analisar e compreender fenômenos físicos, conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento de fenômenos físicos, atuar de forma colaborativa, ser capaz de aprender a aprender, ter visão humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, entre outros. Assim, em resposta às solicitações das DCN, surgiu a proposta da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões - PGD (MACHADO, 2009-a; 2009-b).

Construído de acordo com essa metodologia, um PGD é elaborado pelo professor e propõe aos alunos uma série de atividades de ensino, levando-os a resolver problemas em grupo, desenvolvendo ou propondo atividades experimentais, realizando discussões sobre conceitos, procedimentos, fenômenos físicos, entre outros, na busca da solução do problema.

Um PGD apresenta em sua estrutura três componentes: um problema principal ou **problema gerador**, as atividades ou questões/questionamentos que buscam promover a **formação científica / profissional** e os que buscam promover a **formação social /para a cidadania**. A ordem dessas partes não é fixa, dependendo da habilidade e dos objetivos do professor ao elaborar as questões e os questionamentos. Entende-se que entre todas as partes do PGD, o **problema gerador** precisa ser destacado, pois, além de sua função como problema, atua como um elo, propondo e fazendo a ligação do tema com as demais partes do PGD.

Assim, tem-se por objetivo, nesse trabalho, apresentar relatos de uma investigação sobre os efeitos, no processo de ensino e aprendizagem, do **problema gerador** de um PGD elaborado com o tema pressão, quando aplicado no ensino da Física em uma turma de acadêmicos do curso de Engenharia.

OS PRESSUPOSTOS QUE ORIENTARAM A CONSTRUÇÃO DA METODOLOGIA

A construção da Metodologia PGD deu-se a partir das solicitações das DCN de Engenharia que orientam para a formação do egresso com uma forte formação científica, promovida por meio de atividades de ensino que levem os alunos a exercitar capacidades, entre elas, a de aprender a aprender e, resolver problemas (BRASIL, 2002; 2019). Nesse sentido, segundo o autor, essa metodologia *“foi construída com o objetivo de buscar um novo caminho pedagógico a fim de permitir ao ensino da Física dar uma maior parcela de contribuição no processo de formação do aluno, futuro engenheiro”* (MACHADO, 2009-b, p.06).

Na busca de orientações para a sua construção, o autor relata ter realizado estudos sobre as DCN (BRASIL, 2002), enfoque de Ensino de Ciências, Tecnologia e Sociedade - CTS (ACEVEDO, 2004; GORDILLO, GALBARTE, 2002; GORDILLO, OSORIO, 2003; GURUCEAGA, GONZÁLES GRACIA, 2004, entre outros). Também realizou estudos sobre a teoria da Aprendizagem Significativa – TAS (AUSUBEL, 1982 e 2003; BUCHWEITZ, 2001; DA SILVA, NUNES, 2002; MOREIRA, 2006; TAVARES, 2008; entre outros.) e sobre a teoria de ensino por meio de Problemas

(DA COSTA, MOREIRA, 2000; GAULIN, 2000; SANTOS, INFANTE-MALACHIAS, 2008; MACHADO, ENRIQUE, MACHADO, 2016; entre outros).

As DCN observam a necessidade da promoção, no ensino em Engenharia, de atividades que contribuam para a formação de acadêmicos capacitados em resolver problemas. Mas, o que é um problema? E com que características deve ser construído de forma a dar tal contribuição à formação do aluno, futuro egresso em curso de Engenharia?

A partir das orientações dos pressupostos da TAS, concluiu-se que um problema é uma situação com a qual uma pessoa se depara e vê a necessidade de disponibilizar certo esforço para buscar a sua solução. Nesse esforço, o problema é proposto para a promoção de aprendizagem e está relacionado à necessidade de utilização e reorganização de conhecimentos científicos prévios, desenvolvimento de cálculos, realização ou elaboração de procedimentos experimentais, entre outros (MACHADO, ENRIQUE, MACHADO, 2016). Logo, entende-se que a aprendizagem se dá com a participação de uma pessoa em um processo de observação, experimentação e/ou estudo sobre um fato ou uma informação ainda desconhecida. Ao realizar esses processos os fatos ou informações passam a ser conhecidos pela pessoa, ou seja, ficam retidos na sua memória de forma a possibilitar que essa pessoa possa utilizá-los para a aquisição de novos conhecimentos ou solucionar problemas.

Por outro lado, entende-se que quando os conhecimentos retidos não contribuem para a aquisição de novos conhecimentos, estes não resultaram de fato de um processo de aprendizagem desejável, mas simplesmente de um processo de memorização. Nesse caso, o aluno sabe, mas não compreende, por isso apresenta dificuldades em utilizá-los (TAVARES, 2008).

Assim, julga-se que, elaborados de acordo com as orientações da TAS e dos pressupostos do ensino por meio de Problemas, os problemas terão características que os habilitarão a serem utilizados como instrumento de ensino capaz de dar a contribuição solicitada pelas DCN à formação do aluno nos cursos de Engenharia. Nesse contexto, permite-se o entendimento de que a associação da resolução de problemas com o desenvolvimento de atividades experimentais, ou seja, que trabalhar/resolver problemas no laboratório pode ser uma estratégia de ensino capaz de levar o aluno a atuar de forma mais ativa e, portanto, mais envolvida no processo de busca e aquisição de novos conhecimentos, contribuindo dessa forma com o processo de construção no aluno da habilidade ou capacidade de aprender a aprender.

Mas, o ensino no laboratório por si só resulta em uma aprendizagem significativa? Da Silva e Nunez (2002) e Ausubel (2003) afirmam que não. Observam que existem condições para que o trabalho experimental deixe de ser uma simples comprovação de conhecimentos e passe a se transformar numa atividade de ensino significativa e motivadora. Ausubel reconhece as potencialidades das atividades experimentais, contudo, alerta que:

[...] o trabalho laboratorial e a resolução de problemas não são experiências genuinamente significativas, a não ser que se construam numa base de conceitos e de princípios claramente compreendidos na disciplina em questão e a não ser que as operações constituintes sejam, elas próprias, significativas (2003, p.52).

Dessa forma, entende-se que Ausubel critica as atividades experimentais não significativas, sendo essas aquelas propostas aos alunos sem que para o seu desenvolvimento seja necessário o relacionamento da atividade com os conhecimentos prévios dos alunos. Mas, em que situações isso ocorreria? Quando a atividade experimental é passada aos alunos na forma de receita e o aluno em seu papel desempenha apenas a função de reproduzir em laboratório, sem produzir ou investigar (DA SILVA, NUNEZ, 2002). Essas situações, segundo Machado e Oliveira (2014) são aquelas em que são exigidas do aluno apenas habilidades técnicas para a realização de medições previamente estabelecidas pelo roteiro, ou seja, o aluno realiza as medidas de acordo e na sequência pré-estabelecida e realiza cálculos sem a ocorrência de reflexões sobre os resultados encontrados e do (s) fenômeno (s) físico (s) envolvido (s) na atividade. Da Silva e Nunez vêm as atividades em laboratório como uma estratégia capaz de potencializar a aprendizagem significativa agindo tanto como material de ensino quanto pela sua capacidade de instigar o aluno a ter uma maior participação no processo de aquisição de conhecimentos:

[...] a atividade experimental pode-se converter numa atividade cognoscitiva criadora e, para isso, não se devem utilizar tarefas reprodutivas, mas investigativas e produtivas, nas quais possam ser construídos e empregados os conhecimentos assimilados. Percebe-se nessa proposta o intuito de transferir ao aluno parte da responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem promovendo, dessa forma, uma maior participação/envolvimento no processo (2002, p.1199).

Assim, para que as atividades experimentais exerçam sua função estratégica de potencializar a aprendizagem significativa é fundamental que sejam elaboradas de forma a trazer questionamentos aos alunos: Como fazer isso? Para quê fazer isso? Por que fazer dessa forma e não daquela outra? E, quando forem utilizadas como auxílio ao enunciado de um problema, devem contribuir para responder questões como: os valores estão corretos? Por que se desconsiderou o efeito de determinada grandeza? Como se obteve aquele valor tabelado? Como comprovar tal afirmação? E, para que deem sua contribuição no processo de construção das habilidades e capacidades de aprender a aprender, devem propor aos alunos atividades que promovam questionamentos, reflexões, pesquisa e discussões, entre outros.

Nesse contexto, um PGD é capaz de potencializar a aprendizagem significativa? É capaz de contribuir para a formação científica e humanística solicitada pelas DCN? Ajuda os alunos a aprenderem a aprender?

Na busca de responder a esses questionamentos, observa-se na Metodologia PGD que seu autor determinou que um PGD deve ser basicamente constituído de três partes, constituídas de uma atividade chamada de **problema gerador** e de questionamentos voltados para a formação científica e os questionamentos voltados para a formação humanista dos alunos. Essas características podem ser observadas no PGD Pressão, exposto no **Quadro 1**.

Quadro 1 - PGD Pressão

<p>PGD PRESSÃO (Problema gerador)</p>	<p>A pressão (p) é uma grandeza física que indica a razão entre uma força aplicada e a área sobre a qual essa força é distribuída, podendo ser calculada por distintas equações, uma determinada por estudos realizados por Blaise Pascal (França, 1623-1662) ou por outra determinada por estudos realizados por Simon Stevin (Bélgica, 1548-1620).</p> <p>Determine experimentalmente a pressão exercida por um sólido cilíndrico regular sobre a sua base de apoio e a pressão exercida por uma coluna cilíndrica de líquido em um determinado ponto. Obtenha as pressões nos dois casos com as equações indicadas por Pascal e por Stevin e calcule o percentual de erro comparativo entre os valores encontrados para cada material. A partir dos resultados encontrados nessa atividade pode-se dizer que a pressão em sólidos e em líquidos podem ser determinadas por qualquer uma das duas equações? Justifique.</p>
<p>PGD PRESSÃO (Questões científicas)</p>	<p>1-Baseado nos estudos já realizados sobre energia e movimentos oscilatórios, explique, comparando o efeito trabalho (positivo ou negativo) sobre a energia interna (armazenada) de uma mola, explique os efeitos da variação de pressão (positiva e negativa) sobre a energia interna (temperatura) de um gás;</p> <p>2-Baseado na resposta anterior, explique o princípio de funcionamento básico de um refrigerador levando em consideração seus dois itens principais: compressor e válvula de expansão;</p> <p>3- Explique o princípio físico do funcionamento da panela de pressão.</p> <p>4-Proponha procedimentos experimentais para se determinar a diferença do custo do cozimento de um mesmo alimento com uma panela de pressão e uma panela comum.</p>
<p>PGD PRESSÃO (Questões sociais)</p>	<p>1-A refrigeração é um importante processo utilizado para a conservação de alimentos, mas, há outros processos que também podem ser utilizados. Cite e explique dois métodos “alternativos” ao método da variação de temperatura, utilizados para a conservação de alimentos e indique, comparando-os entre eles vantagens e desvantagens sob os seguintes aspectos (acessibilidade, custo/economia, qualidade, questões ambientais, saúde, entre outros).</p> <p>2- Indique vantagens e desvantagens, sob diversos aspectos de se usar a panela de pressão, comparando-a com uma panela comum.</p>

Fonte: Machado (2020, p.42).

Analisando cada uma das partes, observa-se que o **problema gerador** propõe aos alunos o desenvolvimento de uma atividade experimental com o objetivo de colocarem em prática suas habilidades e competências para realizar medidas diretas e medidas indiretas (MACHADO, 2020). Com as medidas diretas vislumbra-se verificar as competências e habilidades dos alunos em manipular instrumentos de medidas, realizar leituras de escalas, evitar erros sistemáticos, grosseiros e/ou acidentais. Com as medidas indiretas verificar se há o correto tratamento dos dados e se há a realização dos cálculos de acordo com as regras do laboratório, indicadas por Machado, *et al.* (2018).

O **problema gerador** ainda propõe um questionamento que, de acordo com o autor, tem a finalidade de verificar se, mais do que a realização da atividade experimental e o resultado dos cálculos obtidos em si, se houve uma efetiva

compreensão por parte dos alunos sobre as diferentes formas de comportamento das estruturas de sólidos e líquidos e seus efeitos sobre a pressão e vice-versa.

Voltados à formação científica, o PGD propôs quatro questionamentos (linha 2, **QUADRO 1**). Com esses questionamentos, Machado (2020) busca abordar a aplicação dos conhecimentos trabalhados no **problema gerador** como subsídio para a compreensão do princípio de funcionamento de dois fenômenos físicos: efeitos da pressão sobre a energia interna de um fluido gasoso e processo de refrigeração.

Voltados à formação humanista/social, o PGD propôs dois questionamentos (linha 3, **QUADRO 1**), um para cada produto tecnológico - refrigerador e panela de pressão. Ao elaborar esses questionamentos, o autor partiu do princípio de que todo produto tecnológico produz efeitos positivos e negativos na sociedade. Com os questionamentos propostos, ao solicitar uma análise por parte dos alunos dos efeitos positivos ou benefícios e dos efeitos negativos ou malefícios do uso de uma ou outra tecnologia, o autor busca alertar aos futuros egressos em engenharia sobre a não neutralidade dos produtos tecnológicos.

Dessa forma e nesse contexto, entende-se que sim: um PGD é capaz de potencializar a aprendizagem significativa e, como consequência, é capaz de contribuir para a formação científica e também humanística solicitada pelas DCN e ainda se apresenta como uma ferramenta alternativa no processo de potencializar a capacidade dos alunos a aprenderem a aprender. Em decorrência, no objeto de estudo desse trabalho, o que se apresentará na sequência, serão os relatos da investigação realizada específica sobre os efeitos do **problema gerador** do PGD Pressão, apresentando, inicialmente, a metodologia da pesquisa.

METODOLOGIA

A pesquisa foi aplicada na disciplina de Física 2, junto a uma turma de 22 alunos do curso de Engenharia Química, no primeiro semestre do ano letivo de 2019. Os alunos participantes foram divididos em cinco grupos (A, B, C, D e E) contendo no máximo cinco alunos. O estudo realizado se desenvolveu por meio de uma pesquisa classificada como exploratória e aplicada, caracterizada, de acordo com Lakatos e Marconi (2001), pela investigação do fenômeno no seu ambiente de ocorrência.

A pesquisa aplicada busca a solução para problemas específicos, e seus resultados são aplicados para a solução direta de um problema (CERVO; BERVIAN, 1983; SILVA; MENESES, 2001). As atividades da pesquisa deram-se por meio da aplicação de atividades de ensino elaboradas de acordo com a Metodologia PGD (MACHADO, 2009-a; MACHADO, 2009-b; MACHADO, 2020), ocorrendo a coleta de dados com o recebimento de relatórios, nos quais os alunos descreveram as atividades desenvolvidas na busca de solução às questões e questionamentos propostos pelos PGD.

A aplicação do PGD deu-se de acordo com o método grupo focal ou grupo de discussões (CASTRO, 2006; CRUZ NETO; MOREIRA; SUCENA, 2002). Quanto à abordagem do problema, ou seja, quanto à forma pela qual foram analisados os dados coletados, entende-se que ocorreu, nesse trabalho, uma abordagem qualitativa, dessa forma, os dados obtidos junto aos relatórios foram por sua vez,

analisados por meio do Método Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977). Para a aplicação do PGD Pressão foram destinadas quatro aulas sendo duas aulas por semana. Nas duas primeiras aulas realizaram-se as discussões internas nos grupos. Nas duas últimas aulas realizaram-se as discussões no grande grupo. A produção e envio dos relatórios ocorreram em atividades extra sala.

Seguindo a metodologia dos Problemas Geradores de Discussões (MACHADO, 2009-a; MACHADO, 2009-b), **a primeira etapa da aplicação de um PGD é a da discussão/resolução interna nos grupos**, na qual os alunos, separados em grupos de quatro a cinco indivíduos, buscam a resolução e respostas às questões e questionamentos propostos pelo PGD em questão. **A segunda etapa é a da elaboração e entrega dos pré-relatórios**, desenvolvidos pelos grupos individualmente. Essa entrega deve ser feita no formato digital, via arquivo enviado por e-mail. Recebidos os pré-relatórios o professor faz as suas leituras, fora da sala de aula. **A terceira etapa consiste nas discussões no grande grupo**. Para tanto, ocorre a apresentação, por parte do professor ou de um dos grupos (sorteado ou escolhido pelo professor) das respostas às questões e questionamentos do PGD contidos em um pré-relatório. **Na última etapa, com a participação dos alunos, ainda nos seus respectivos grupos, ocorre a elaboração e a entrega do relatório final ao professor via e-mail**. No relatório final, os alunos de cada grupo devem relatar de que forma as discussões realizadas no grande grupo mudaram a sua forma de raciocinar a resolução das questões e questionamentos propostos pelo PGD e apresentadas no seu pré-relatório.

ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NOS RELATÓRIOS

PRÉ-RELATÓRIO DO PROBLEMA GERADOR: ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O que se apresentará na sequência será uma análise sobre os dados coletados a partir dos pré-relatórios e relatórios finais, gerados e enviados pelos alunos. **Entende-se importante informar aos leitores que, para manter a fidedignidade dos dados coletados, os autores não realizaram correções gramaticais nos textos enviados pelos alunos**. Ocorreram, contudo, realocações e reposicionamento de texto e/ou figuras a fim de permitir melhor posicionamento das imagens e conseqüentemente melhorar os espaçamentos das figuras no texto. Ao verificar as informações repassadas pelos alunos nos pré-relatórios, observou-se que todos os grupos desenvolveram basicamente os mesmos procedimentos (**QUADROS 2,3 e 4**). Com a balança eletrônica mediram as massas do corpo sólido e da coluna de líquido. Com régua (alguns grupos com paquímetro) mediram as dimensões do corpo sólido e dimensões da coluna de líquido (internas) altura e diâmetro do recipiente. Os valores da aceleração da gravidade local e da massa específica da água utilizada foram obtidos em atividades desenvolvidas anteriormente. Os alunos consultaram valor da massa específica, de acordo com a temperatura, em uma tabela, resultado de uma atividade experimental anterior. Assim, para a utilização do valor correto, os alunos puderam medir a temperatura com um termômetro tubular de álcool.

Os alunos dos Grupos A (**QUADRO 2**) e D (**QUADRO 4**) relataram a atividade desenvolvida não como um conjunto de procedimentos, mas, mais como um relatório de cálculo, como naturalmente resolvem problemas em seus cadernos

ou seja: anotam as medidas, fazem as conversões, indicam as equações, substituem os valores e mostram os resultados obtidos.

Quadro 2 - Pré-relatório sobre atividade experimental

Pressão do líquido

Paquímetro coluna de água: 50,65 mm

Stevin: $P = 998,14 \cdot 9,78718 \cdot 0,05065$
 $P = 494,7986266 \text{ Pa}$
 $A = \pi r^2 = 7,09216505 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Diâmetro proveta: 32,05 mm

$E \times S = \frac{494,8 - 488,45}{494,8} \times 100 = 1,28\%$

$E \times P = \frac{433,2 - 381,9}{433,2} \times 100 = 11,84\%$

Réguas $A = \pi r^2 = 8,042477193 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Stevin: $P = 998,14 \cdot 9,78718 \cdot 0,05 = 488,4487923 \text{ Pa}$

Pascal: $P = \frac{F}{A} = \frac{0,031389 \cdot 9,78718}{8,042477193 \cdot 10^{-4}} = 381,9840401 \text{ Pa}$

Pressão do sólido

Paquímetro diâmetro: 9,55 mm altura: 50,15 mm

$A = \pi r^2 = 7,1630276 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ $V = \pi r^2 h = 3,592258341 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
 $m = 30,355 \text{ g}$ $\rho = \frac{m}{V} = 8450,116088 \text{ kg/m}^3$

Stevin: $P = \rho g h = 4147,54578 \text{ Pa}$ Pascal: $P = \frac{F}{A} = \frac{m g}{A} = 4147,54578 \text{ Pa}$

Réguas diâmetro: 0,95 cm altura: 5 cm $r = 0,00475 \text{ m}$
 $V = 3,544109212 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ $A = 7,088218425 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ $\rho = \frac{m}{V} = 8564,91665 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Stevin: $P = 4191,319047 \text{ Pa}$ Pascal: $P = 4191,319046 \text{ Pa}$

$E \times P = \frac{4147,5 - 4191,3}{4147,5} \times 100 = 1,06\%$

$E \times S = \frac{4147,5 - 4191,3}{4147,5} \times 100 = 1,06\%$

Dados utilizados para os experimentos
 $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ em 21°C = $0,99814 \text{ g/cm}^3 = 998,14 \text{ kg/m}^3$
 massa coluna de água: 31,389 g = $0,031389 \text{ kg}$

Fonte: alunos Grupo A.

Em relação à atividade desenvolvida pelos alunos do Grupo A o que se observa, em termos de resolução, foi o equívoco no entendimento do questionamento. A solicitação foi de que os alunos determinassem experimentalmente a pressão exercida sobre a base em duas situações distintas (líquido e sólido) e que nos dois casos, a pressão fosse calculada com as equações indicadas por Pascal e por Stevin para que se encontrasse o percentual de erro comparativo entre os valores encontrados em cada material. Ou seja, que se determinasse a pressão da coluna de líquido utilizando-se a equação resultante do teorema de Stevin e do teorema de Pascal e que se calculasse o percentual de erro comparando os valores encontrados. E depois deveriam desenvolver a mesma atividade para o corpo sólido. Contudo, como se observa no Quadro 2, os alunos do Grupo A realizaram medidas das dimensões (altura e diâmetro da coluna de líquido, comprimento e diâmetro do cilindro) com dois instrumentos

distintos (régua e paquímetro) e a partir dos valores encontrados fizeram dois cálculos distintos tanto para a pressão de Stevin quanto a de Pascal para os dois corpos de prova (líquido e cilindro sólido). E, por fim, compararam tanto para o líquido quanto para o corpo sólido as duas pressões obtidas por Stevin e as duas pressões obtidas por Pascal.

Quadro 3 - Pré-relatório sobre atividade experimental

MATERIAIS: Corpo sólido (cilindro); proveta graduada; paquímetro; balança eletrônica; régua milimetrada; água.

PROCEDIMENTOS

Pressão exercida pelo sólido sobre a sua base de apoio:

1-Com o auxílio de um paquímetro, foram aferidas as medidas de altura e diâmetro da base do cilindro.

2-Com o auxílio de uma balança eletrônica, a massa do cilindro foi aferida.

3-Utilizando os dados coletados, foi calculada a pressão por meio da teoria de Pascal, usando a fórmula: $P=F/A$. Para isso, foi calculada a área da base do cilindro, utilizando a fórmula: $A=\pi r^2$, o qual r é o raio do cilindro e o peso do cilindro, pela fórmula $P=m \cdot g$.

4-Foi calculada a pressão novamente, porém pelo método de Stevin, pela fórmula: $P=\rho \cdot g \cdot h$, o qual ρ é a massa específica, g a gravidade local e h a variação de altura.

5- Determinou-se o erro percentual entre as teorias para a pressão exercida pelo sólido pela seguinte fórmula: $\%E=(|V_{real}-V_{experimental}|)/V_{real} \cdot 100$.

Pressão exercida por uma coluna cilíndrica de líquido em um determinado ponto:

1-Com o auxílio de um paquímetro, foi medido o diâmetro interno da proveta graduada.

2-Foi colocado 50mL de água na proveta.

3-A proveta foi colocada na balança eletrônica e a mesma foi tarada. Foram colocados mais 30,5mL de água na proveta e anotado o valor da massa fornecida pela balança.

3-Com o auxílio de uma régua, foi medida a altura da coluna de água adicionada na proveta.

4-Com base nos dados coletados, foi calculada a pressão pelo método de Pascal utilizando a fórmula: $P=F/A$. Para isso, foi calculada a área da base da coluna de água, utilizando a fórmula: $A=\pi r^2$, o qual r é o raio interno da proveta.

5-Foi calculada a pressão pelo método de Stevin, com o uso da fórmula: $P=\rho \cdot g \cdot h$.

6-Determinou-se o erro percentual entre as teorias para a pressão da coluna de água também pela seguinte fórmula: $\%E=(|V_{real}-V_{experimental}|)/V_{real} \cdot 100$.

Ao realizar a medida da massa (m_s) do corpo sólido, utilizando balança eletrônica (figura 1), encontrou-se os valores 27,569 g, 27,567 g e 27,566 g, sendo o valor da média 27,567 g. As medidas encontradas nas medições do diâmetro e da altura do corpo sólido (cilindro) usando o paquímetro foram as seguintes: diâmetro (D_s) (figuras 4 e 5) 9,45 mm, 9,45 mm e 9,55 mm, sendo a média delas 9,483 mm; e a altura (figura 2) (H_s) 50,25 mm, 50,35 mm e 50,30 mm, obtendo como média dessas medidas 50,30 mm.

Figura 1: massa cil.

Figura 2: diâm.prov.

Figura 3: massa líq.

Figura 4: diâm. cil.

Figura 5: altura



Fonte: autores



Fonte: autores



Fonte: autores



Fonte: autores



Fonte: autores

Fonte: alunos Grupo B.

Os alunos do Grupo B apresentaram um relatório mais textual, por assim dizer. Descreveram as grandezas medidas, indicaram, para cada grandeza medida, quais foram os instrumentos utilizados e inseriram fotos comprovando as medidas encontradas. E, na sequência do texto apresentado no **Quadro 3**, em seu pré-relatório, relataram os cálculos. Como esses seguiram basicamente o mesmo desenvolvido pelos demais, não serão expostos.

O que se entende destacar nas atividades relatadas pelo Grupo B, foi o cuidado de verificar se o corpo sólido era absolutamente regular e, não sendo, optaram por realizar mais de uma medida dessa dimensão e trabalharam com o valor médio. Contudo, sem necessidade, realizaram o mesmo procedimento com a massa.

Quadro 4 - Pré-relatório sobre atividade experimental

Procedimento:

Cálculo de pressão em sólidos e líquidos

1. Princípio de Pascal (sólido):

1.1. Valores: $m = 30,481\text{g}$ ($0,03481\text{Kg}$);
 $g = 9,78718 \text{ m/s}^2$; $P = 298,32\text{N}$

Diâmetro da peça: $9,90\text{mm}$ ($9,90 \times 10^{-3}\text{m}$)

1.2. Cálculos: $P = \frac{F}{A}$ $P = \frac{4 \times (m \times g)}{(\pi \times d^2)}$ $P = 3,88 \times 10^3 \text{ Pa}$

2. Princípio de Stevin (sólido):

2.1. Valores: $m = 30,481\text{g}$ ($0,03481\text{Kg}$);
 $g = 9,78718 \text{ m/s}^2$; $P = 298,32\text{N}$

Diâmetro da peça: $9,90\text{mm}$ ($9,90 \times 10^{-3}\text{m}$);
 Altura: $50,00\text{mm}$ ($5 \times 10^{-2}\text{m}$)

2.2. Cálculos: $P = \frac{(m \times g \times h)}{V}$ $P = \frac{4 \times (m \times g \times h)}{\pi \times d^2 \times h}$ $P = 3,87 \times 10^3 \text{ Pa}$

3. Porcentagem de erro entre a pressão de Pascal e a pressão de Stevin (Sólido):

3.1. Cálculos:

$$\% E = \frac{|Pressão \text{ Pascal} \times Pressão \text{ Stevin}|}{Pressão \text{ Pascal}} \times 100 \quad \% E = 0,26\%$$

4. Princípio de Pascal (Líquido):

4.1. Valores: $m = 30,481\text{g}$ ($0,03481\text{Kg}$);
 $g = 9,78718 \text{ m/s}^2$; Diâm. da proveta: $27,2 \times 10^{-3} \text{ m}$

4.2. Cálculos: $P = \frac{F}{A}$ $P = \frac{F \times 0,02752 \text{ Kg} \times 9,78718 \text{ m/s}^2}{\pi \times (27,2 \times 10^{-3} \text{ m})^2}$ $P = 463,52 \text{ Pa}$

5. Princípio de Stevin (Líquido):

5.1. Valores: Densidade da água (23°) = $0,99814 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$
 $g = 9,78718 \text{ m/s}^2$, Altura da coluna de água: $46,5 \times 10^{-3}\text{m}$

5.2. Cálculos: $P = \text{Densidade} \times g \times \text{Altura da coluna de água}$
 $P = (0,99814 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3) \times (9,78718 \text{ m/s}^2) \times (46,5 \times 10^{-3}\text{m})$ $P = 454,23 \text{ Pa}$

6. Porcentagem de erro entre a pressão de Pascal e a pressão de Stevin (Sólido):

6.1. Cálculos:

$$\% E = \frac{|Pressão \text{ Pascal} \times Pressão \text{ Stevin}|}{Pressão \text{ Pascal}} \times 100 \quad \% E = 2,05\%$$

Fonte: alunos Grupo D.

PRÉ-RELATÓRIO DO PROBLEMA GERADOR: QUESTIONAMENTO

Em seguida a atividade experimental, o problema gerador propôs um questionamento a fim de verificar se, mais do que a realização da atividade experimental e o resultado dos cálculos obtidos em si, houve uma efetiva compreensão por parte dos alunos sobre as diferentes formas de comportamento das estruturas de sólidos e líquidos e seus efeitos sobre a pressão. Assim, questionados se a pressão tanto em sólidos quanto líquidos poderia ser determinada utilizando tanto o princípio de Stevin quanto o de Pascal, os alunos em seus grupos assim se manifestaram (**QUADRO 5**):

Quadro 5 - Respostas ao questionamento do problema gerador

Grupo A	Para calcular a densidade dos líquidos a equação de Stevin é mais precisa, pois como a massa do líquido varia na área em que ele ocupa, torna o cálculo por Pascal impreciso (força peso), enquanto a de Stevin leva em consideração a densidade que é algo próprio do líquido, tornando o cálculo mais preciso. Para os sólidos, a de Pascal é mais precisa, pois a massa do sólido é uniforme fazendo com que o cálculo da força peso seja mais preciso. Fato curioso foi que em nosso experimento, ao calcular a densidade do sólido, as pressões foram as mesmas tanto por Stevin quanto por Pascal
Grupo B	Com base nos resultados obtidos na atividade, a pressão tanto para sólidos quanto para líquidos pode ser calculada pelo método de Pascal e pelo método de Stevin. Os resultados das pressões foram próximos no caso da coluna de água, com erro percentual de 2,29 e a pressão encontrada para o sólido foi idêntica utilizando as duas equações, ou seja, erro percentual de 0%, o que comprova que os dois métodos são eficientes. Para que as respostas obtidas nas duas fórmulas sejam iguais, é preciso que a precisão nas medidas seja levada em consideração, para não desviar a resposta final.
Grupo C	[...] faz diferença usar a equação de Stevin ou a de Pascal? Na verdade não, pois no fim das contas são necessários os mesmos parâmetros para definir essas equações
Grupo E	A partir dos resultados encontrados nesses experimentos, pode-se dizer que a pressão de sólidos e de líquidos podem ser calculados por qualquer uma das duas equações, pois foi calculado valores muito próximos de pressão com cada equação, em que tanto a teoria de Pascal quanto de Stevin possui fundamentos teóricos, podendo ser utilizados para determinar a pressão que um certo líquido e um certo objeto em determinado ponto.

Fonte: pré-relatórios enviados pelos alunos.

Os alunos do Grupo A deram resposta satisfatória ao questionamento. Indicaram, ainda que de forma não muito clara, a necessidade de se observar e relacionar o tipo do material, sólido ou líquido, ao método de cálculo – teorema de Pascal ou de Stevin. Observa-se, porém, que os alunos desse grupo a despeito da afirmação inicial, relataram uma curiosidade sobre os resultados obtidos nos cálculos da pressão no corpo sólido. Entende-se que essa curiosidade pode ser traduzida como uma dificuldade em justificar o porquê de a igualdade nos valores da pressão no sólido ter dado o mesmo valor para os dois métodos aplicados. Os alunos dos Grupos B, C e E, cada um de sua forma, responderam que não faz diferença calcular a pressão por um método ou outro, independente do corpo de prova. Nesse caso, entende-se que esses alunos podem ter sido induzidos ou influenciados pelo resultado experimental e, diferentemente dos alunos do Grupo A, aceitaram os resultados sem qualquer ressalva, ou seja, sem uma

discussão mais aprofundada sobre o fenômeno físico envolvido. Os alunos do Grupo D foram os únicos a não responder a esse questionamento. Faltou tempo para responderem? Ficaram na dúvida e preferiram a omissão? Não perceberam o questionamento? Para esclarecer esse tipo de dúvida é que servem as discussões e o relatório final.

RELATÓRIO FINAL DO PROBLEMA GERADOR: ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Passadas as duas primeiras etapas: discussão e resolução nos grupos das questões do PGD e a confecção e envio dos relatórios, desenvolveu-se a terceira etapa, a da discussão no grande grupo.

Quadro 6 - Observações dos grupos após as discussões sobre a atividade experimental

Grupo A	Cometemos erros ao não perceber que o cilindro não era uniforme em seu diâmetro, por isso deveríamos ter calculado a média do diâmetro ao invés de ter usado apenas uma medida. Também aos arredondamentos em relação aos algarismos significativos. Deveríamos ter utilizado o valor do diâmetro ao invés de dividi-lo para obter o valor do raio, pois este ficou impreciso. Calculamos o erro em relação à utilização do paquímetro e da régua, deveríamos ter feito em relação de Pascal para Stevin.
Grupo B	A partir da discussão realizada em sala, verificamos que a massa do objeto não se altera, por isso não é necessário realizar a média das massas. Se o valor estiver oscilando na balança é indicado colocar a proteção (tampa), fechar janelas e portas do laboratório para evitar qualquer tipo de interferência, como por exemplo corrente de ar. Como utilizamos uma régua milimetrada a medida correta inserida no texto acima deveria ser 52,0 mm, ao invés de 5,2 cm.
Grupo C	Como o valor do diâmetro do cilindro de aço é obtido pelo paquímetro, o seu limite de precisão é de 3 algarismos significativos, portanto os valores das pressões obtidas no final do experimento deve ter 3 algarismos significativos. O mesmo ocorre para os valores de pressões calculados para proveta, já que o limite de precisão é de 4 algarismos significativos, o qual o limite foi obtido na medida do diâmetro da proveta e a medida foi realizada com o paquímetro.
Grupo D	Poderíamos ter levado em consideração que a altura está presente tanto no numerador quanto no denominador, logo chegando na mesma fórmula aplicada pelo princípio de Pascal, o que levaria a uma porcentagem de erro igual a zero. Os cálculos ficaram diferentes por arredondamentos anteriores que deveriam ser evitados. Para um resultado mais preciso, chegamos à conclusão de que a melhor forma de se obter o valor do diâmetro da peça era através da média de 3 medidas em pontos diferentes.
Grupo E	Considerando que são necessários 4 números de algarismos significativos, temos uma pressão 4,816.102 Pa com o uso da equação de Stevin e com o uso da equação de Pascal uma pressão de 5,080.102 Pa. Considerando que são necessários 4 números de algarismos significativos, temos uma pressão 4,816.102 Pa com o uso da equação de Stevin e com o uso da equação de Pascal uma pressão de 5,080.102 Pa. Após os comentários em sala quando foi medido o diâmetro, para uma maior precisão poderíamos ter medido mais vezes e ter feito uma média das medidas. Já que o cilindro não tinha uma forma extremamente regular.

Fonte: relatório final dos alunos

Optou-se, nesse caso, após as observações derivadas da leitura dos pré-relatórios recebidos, por um direcionamento ou organização das atividades

sendo mediada e apresentada pelo professor. Nesse processo, o mediador foi direcionando as participações de cada grupo na apresentação das respostas por eles dadas a fim de proporcionar um encaminhamento vislumbrando um melhor aproveitamento do tempo disponível.

Com as apresentações, vários pontos foram discutidos tanto em termos de procedimentos experimentais, realização dos cálculos e conclusões apresentadas dos relatórios e as observações relatadas pelos alunos serão apresentadas (QUADRO 6) e analisadas na sequência. Um equívoco pontual foi observado pelos alunos do Grupo A que relataram ter desnecessariamente obtido o volume do corpo de prova utilizando dois instrumentos diferentes e feito o cálculo do erro comparando esses resultados encontrados. O que se observou nas discussões é que, se não houver a solicitação de realização de uma mesma medida com diferentes instrumentos, essa medida deve ocorrer apenas com o instrumento que for mais preciso, no caso o paquímetro.

Os alunos do Grupo B comentaram sobre o uso indevido da balança e indicaram formas de prevenir erros acidentais que provocavam a oscilação do valor das massas por eles medidas. Observaram também a necessidade de indicar a medida obtida por um instrumento respeitando a unidade de medida de sua escala.

Os alunos do Grupo D relatam ter percebido, após as deduções das equações durante as discussões, a relação direta entre as equações da pressão obtidas a partir dos dois teoremas utilizados e concluem, a partir disso, que os resultados deveriam ter ficado iguais. A não ser que houvesse propagação de erro a partir de sucessivos arredondamentos. E relatam, assim como os alunos do Grupo E, a necessidade de realizar a medida de uma dimensão de um corpo em mais de um ponto a fim de confirmar se o corpo é ou não uniforme.

Assim, em termos de procedimentos, o que parece ter ficado claro aos alunos, é a necessidade de verificar se o corpo de prova é ou não regular, pois, se não for, como no caso da peça cilíndrica, para se obter um resultado mais preciso deveria se realizar essa medida em diferentes pontos do corpo e trabalhar com a média dos valores encontrados. Ao contrário disso, no uso da balança, se há oscilação da medida da massa por erro acidental, no caso rajada de vento, deve-se usar a cúpula de acrílico para evitar a ação do vento e realizar uma só medida em vez de realizar várias medidas, sem o uso da cúpula e trabalhar com o valor médio.

Em relação às medições, valores e cálculos, parece ter ficado clara a necessidade de se relatar a medida encontrada respeitando a escala do instrumento utilizado tanto em termos de sua unidade de medida e de sua precisão, para definir o número de algarismos significativos do valor encontrado. Também a necessidade de, nas regras dos cálculos, evitar a propagação de erro ao realizar arredondamentos parciais, ou seja, que se realize o arredondamento somente no resultado final da medida indireta ou cálculo que se quer obter e realizar o arredondamento de acordo com o número de algarismos significativos das medidas.

RELATÓRIO FINAL DO PROBLEMA GERADOR: QUESTIONAMENTO

No **Quadro 7** pode-se observar, por meio dos relatos dos alunos, o efeito das discussões no entendimento deles sobre o questionamento. Cabe aqui lembrar que a metodologia PGD prevê a participação do professor na etapa das discussões, não somente como mediador. Mas, também podendo explicar questões que não tenham ficado bem esclarecidas somente com as intervenções entre os alunos. Ao se observar os relatos no Quadro 7, entende-se que houve o esclarecimento sobre a necessidade de se analisar o comportamento dos corpos de prova de acordo com o material e com a estrutura física em que se apresentam. Assim, sólidos e líquidos até podem ter medidas de pressão determinadas usando os dois teoremas (Stevin e Pascal), contudo, apenas em um caso específico, quando o corpo de prova tiver formato regular. E assim, os alunos do Grupo A, relataram o esclarecimento da razão dos valores da pressão calculada tanto pela equação de Stevin quanto pela equação de Pascal terem sido iguais para o corpo sólido cilíndrico.

Quadro 7 - Observações dos grupos após as discussões sobre o questionamento

Grupo A	-O líquido exerce pressão sobre toda a área que ocupa (base e lateral) enquanto o sólido apenas sobre a base. A altura pode ser a mesma, mas a área não (irregulares). -Tem-se que levar em consideração que o comportamento do sólido é diferente do líquido. -Não é eficiente calcular a pressão por Stevin, pois o sólido pode não ser regular. -Isso ocorreu pois o sólido usado é regular.
Grupo B	O sólido apenas exerce pressão sobre a sua base e o líquido em todas as partes que encosta do recipiente devido a seus comportamentos serem diferentes. Portanto a pressão do líquido pode ser sempre calculada pelo método de Stevin, já pelo método de Pascal possui restrições, pois como sua área não é definida depende do recipiente que está contido e esse precisa ser regular (altura igual em todos os pontos). A pressão do sólido pode ser calculada tanto pelos métodos de Pascal quanto por Stevin, o primeiro utilizado em qualquer situação e o segundo somente quando o sólido é regular.
Grupo C	A equação de Stevin pode ser utilizada para sólidos apenas quando o mesmo apresenta uma geometria regular, como no caso do experimento um cilindro. Para sólidos com geometria irregular ou não definidas não se deve usar a equação de Stevin. A equação de Pascal não deve ser utilizada para calcular a pressão em líquidos, exceto quando o líquido está em um recipiente regular como visto no experimento. Em outros casos de recipientes com geometrias irregulares deve-se calcular a pressão de um líquido pela equação de Stevin.
Grupo D	O cálculo da pressão de um sólido deve ser feito a partir da equação da Pressão de Pascal, pois essa depende unicamente do peso exercido sobre o corpo em uma determinada área. Já o cálculo da pressão de um líquido deve ser realizado através da equação de Stevin, pois o líquido não exerce pressão apenas na base do corpo e sim em toda superfície em que ele está em contato.
Grupo E	A partir do que foi comentado em sala, para a pressão nos sólidos, a melhor expressão para seu cálculo é a de Pascal (equação2) já que um sólido tem formato definido, considera a área de contato e a força exercida. O que diferencia de um líquido, que a melhor expressão para ser calculada sua pressão é a equação de Stevin (equação1), isto porque o líquido ocupa a forma do recipiente. Também foi comentado que caso o sólido tenha formato regular e o recipiente que o líquido ocupar pode usar as duas equações.

Fonte: relatórios enviados pelos alunos.

CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados e análises realizadas, entende-se que os resultados obtidos pela investigação, ainda que nesse trabalho apresentada de forma resumida, permitem afirmar que as atividades propostas pela Metodologia PGD, mais especificamente no que se refere ao problema gerador, contribuíram no processo de ensino e aprendizagem, pois levaram os alunos a desenvolverem atividades em grupos: experimentais, cálculos e discussões envolvendo o tema pressão.

As atividades desenvolvidas permitiram ao professor, por meio do acompanhamento no desenvolvimento das atividades e da análise dos pré-relatórios e relatórios, avaliar as dificuldades dos alunos em compreender fenômenos físicos e, com isso, dirimir dúvidas e corrigir, por meio das discussões no grande grupo, equívocos em cálculos e/ou procedimentos experimentais.

Assim, entende-se que as atividades propostas pelo problema gerador levaram os alunos a exercitarem sua capacidade de resolver problemas utilizando-se dos seus próprios conhecimentos já adquiridos e a busca, por meio de pesquisas, para sanarem suas dúvidas. Com as discussões nos grupos e no grande grupo, participaram de forma ativa na busca e aquisição de novos conhecimentos. Dessa forma, ao colocarem em prova seus conhecimentos prévios e os novos conhecimentos adquiridos no processo para a resolução do **problema gerador**, entende-se ser possível afirmar que a atividade contribuiu para o desempenho, por parte dos alunos envolvidos, de um papel mais independente junto ao processo de busca e aquisição de novos conhecimentos.

Dessa forma, por fim, entende-se ser possível afirmar que, em seus efeitos, o **problema gerador** do PGD Pressão potencializou a aprendizagem significativa e promoveu atividades a fim de capacitar os alunos a resolverem problemas, dessa forma, conseqüentemente, deu a sua contribuição no processo de formação acadêmica em Engenharia, atendendo as solicitações das DCN.

PGD Pressure: Reports an Investigation into the Effects of the Generator Problem

ABSTRACT

The methodology of the Discussions Generator Problems is proposed to meet the guidelines of the Engineering courses (DCNs), with regard to the promotion of teaching and learning situations that allow the interaction of science with technology in all dimensions of society. For the elaboration of this methodology, the author sought guidance from the parameters of the DCNs, the educational principles of the CTS approach and the fundamentals of teaching through Problems. This work brings the second part of a set of four articles that present the reports of an investigation on the effects of the application of the PGD methodology with the theme of pressure in the teaching of Physics in a class of students of the Engineering course. A PGD is basically constituted by a generating problem and questions related to scientific / professional and social / academic humanist training. In this context, this work aims to present research reports on the effects of applying the problem that generates a PGD with the theme of pressure. As an effect, it was observed that the proposal of the generating problem led students to develop activities in groups: experimental, calculations and discussions involving the subject of pressure, through its methodology. It was also observed that the activities developed allowed the teacher, by monitoring the development of activities and analyzing pre-reports and reports, to assess students' difficulties in understanding physical phenomena and, with that, to resolve doubts and correct, for through discussions in the large group, mistakes in calculations and / or experimental procedures.

KEYWORDS: *PGD Methodology; Teaching; Physics.*

PGD Presión: informes de una investigación sobre los efectos del problema generador

RESUMEN

Se propone la metodología de los Problemas Generadores de Discusión (PGD) para cumplir con las pautas de los cursos de Ingeniería (DCN), con respecto a la promoción de situaciones de enseñanza y aprendizaje que permitan la interacción de la ciencia con la tecnología en todas las dimensiones de la sociedad. Para la elaboración de esta metodología, el autor buscó orientación de los parámetros de las DCN, los principios educativos del enfoque CTS y los fundamentos de la enseñanza a través de los problemas. Este trabajo trae la segunda parte de un conjunto de cuatro artículos que presentan los informes de una investigación sobre los efectos de la aplicación de la metodología PGD con el tema de la presión en la enseñanza de la física en una clase de estudiantes del curso de Ingeniería. Un PGD está constituido básicamente por un problema generador y preguntas relacionadas con la formación humanista científica / profesional y social / académica. En este contexto, este documento tiene como objetivo presentar informes de investigación sobre los efectos de aplicar el problema que genera un PGD con el tema de la presión. Como efecto, se observó que la propuesta del problema generador llevó a los estudiantes a desarrollar actividades en grupos: experimentales, cálculos y discusiones que involucran el tema de la presión, a través de su metodología. También se observó que las actividades desarrolladas permitieron al maestro, al monitorear el desarrollo de actividades y analizar pre informes e informes, evaluar las dificultades de los estudiantes para comprender los fenómenos físicos y, con eso, resolver dudas y corregir, por a través de discusiones en el grupo grande, errores en cálculos y / o procedimientos experimentales.

PALABRAS CLAVE: Metodología PGD; Enseñanza; Física.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, n. 1, p.3-16, 2004.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Moraes, 1982.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70. 1977.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf> .

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES 11, de 24 de abril de 2019. Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 abr. 2019. Seção. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528> .

CASTRO, C. M. **A prática da pesquisa**. 2. ed, Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 3 ed., McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1983.

CRUZ NETO, O. MOREIRA, M. R.; SUCENA, L. F. M. Grupos Focais e Pesquisa Social Qualitativa: o debate orientado como técnica de investigação. **XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, realizado em Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil de 4 a 8 de novembro de 2002.

DA COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Peniche, 2000, p. 243-252. Disponível em: www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewPDFInterstitial/6663/6134.

GAULIN, C. Tendencias actuales de la resolución de problemas. **Revista Sigma**, n.19, p. 51-63. Conferencia pronunciada el día 15/12/2000 en el Palacio Euskalduna, España.

GORDILLO, M.M.; GALBARTE, J. C. G. Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, n.28. 2002.

GORDILLO, M.M.; OSORIO, C. Educar para participar en ciencia y tecnología. Um proyecto para la difusión de la cultura científica. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.32. OEI. Madrid 2003.

GURUCEAGA, A.; GONZÁLES GARCIA, F. Aprendizaje Significativo Y Educación Ambiental: análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. **Revista Ensenanza de las Ciências**, v.22, n.1, p.115-136, 2004.

LAKATOS, E. A.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MACHADO, V. Manual para elaboração e aplicação da Metodologia PGD na disciplina de Física em cursos de Engenharia. **PPGECT, UTFPR**, Ponta Grossa 2009-a. Disponível em: <http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgect/dissertacoes/defesas.php?ano=2009&grupo=0> .

MACHADO, V. **Problemas Geradores de Discussões: uma proposta para a disciplina de Física nos cursos de Engenharia**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, junho de 2009-b. Disponível em : http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgect/dissertacoes/dis2009/vinicius_machado_dissertacao.pdf .

MACHADO, V. Uma investigação sobre a aplicação de um Problema Gerador de Discussões sob o tema pressão: proposta e vislumbres. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 7, n.1, p. 37 - 50, maio. 2020.

MACHADO, V.; ENRIQUE, C.M.; MACHADO, P.L.O. O uso de ferramentas dinâmicas como forma de auxiliar a resolução de um problema: uma revisão teórica à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 3, n.2, p. 19-34, nov./dez. 2016.

MACHADO, V. ; OLIVEIRA, F. M. . A Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões potencializa a Aprendizagem Significativa? **Revista Iuminart**, n.12, 2014.

MACHADO, V.O.O., *et al.* Uma atividade experimental sobre Medidas no laboratório didático de Física em cursos de Engenharia. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 5, n.1, p. 54-66, jun. 2018.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. **Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Madrid, Espanha, setembro de 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>.

SANTOS, S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Interdisciplinaridade e resolução de problemas: algumas questões para quem forma futuros professores de ciências. **Revista Educação & Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 103, 2008.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, ed. 3, Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, Florianópolis, 2001.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Revista Ciências & Cognição**, v. 13, n.1, p. 94-100, 2008.

Recebido: 25 de maio de 2020.

Aprovado: 30 de julho de 2020.

DOI:

Como citar: MACHADO, V. *et al.*, PGD Pressão: uma investigação sobre os efeitos do problema gerador, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 7, n.2, p. 19-38, agosto. 2020.

Contato: Vinicius Machado: vinmac@utfpr.edu.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

