



# **ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE PROBLEMAS GERADORES DE DISCUSSÕES: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO ACADÊMICA EM ENGENHARIA**

## **PHYSICS TEACHING THROUGH DISCUSSION GENERATOR PROBLEMS: CONTRIBUTIONS TO ACADEMIC FORMATION OF THE STUDENT IN ENGINEERING**

**Vinicius Machado<sup>1</sup>**

**Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Professor da área de Física da Coordenação de Mecânica, Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia/*câmpus* Ponta Grossa, vinmac@utfpr.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Professora da área de Matemática da Coordenação de Mecânica e da área de Ensino CTS no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Doutora em Educação Científica e Tecnológica/*câmpus* Ponta Grossa, nilceia@utfpr.edu.br

### **Resumo**

Apresenta-se, nesse trabalho, uma investigação realizada sobre a Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões, proposta como uma alternativa para o ensino de Ciência e Matemática nos cursos de Engenharia. Essa metodologia foi construída com o objetivo de buscar um novo caminho pedagógico a fim de permitir ao ensino de Física dar uma maior parcela de contribuição junto ao processo de formação (profissional e para a cidadania) do aluno, futuro engenheiro.

**Palavras-chave:** Ensino em Engenharia, Problemas Geradores de Discussões, ensino de Física.

### **Abstract**

Presents in this work a research about the DGP Methodology like an alternative proposal for Science and Mathematics teaching in Engineering courses. That methodology was built with the objective of searching a new pedagogical way, in order to allow Physics teaching to gives a bigger contributing role in the student education process, the future engineer.

**Keywords:** Engineering teaching, Discussion Generator Problems, Physics teaching.

## INTRODUÇÃO

O processo de formação acadêmica nos cursos de Engenharia no Brasil vem passando por uma série de mudanças decorrentes das reformulações apresentadas junto às “novas” Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) publicadas no início desse século (BRASIL, 2002). E, em virtude dessas reformulações, percebeu-se a necessidade de promover modificações junto ao processo de ensino das disciplinas do chamado núcleo dos conteúdos básicos (Matemática, Física, Química, etc.) a fim de permitir ao ensino dessas disciplinas o desempenho de um novo e mais efetivo papel junto ao processo de formação acadêmica. Para promover o desempenho desse novo papel as DCNs dos cursos de Engenharia orientam para que as atividades dessas disciplinas não sejam norteadas apenas por seus objetivos específicos, voltados para o ensino de conteúdos e buscando a formação do acadêmico apenas no aspecto científico. Com as reformulações sofridas, as DCNs passaram a estender a todas as disciplinas do currículo dos cursos de Engenharia funções relacionadas à formação acadêmica tanto profissional (científica, técnica e tecnológica) quanto humanista (formação para a cidadania). Nessa perspectiva, busca-se nesse artigo, apresentar e promover esclarecimentos a respeito dessa proposta metodológica para o ensino em Engenharia intitulada de Problemas Geradores de Discussões - **Metodologia PGD**. Nesse intuito, apresenta-se um estudo realizado sobre a aplicação do PGD Desperdício da Água, aplicado na disciplina de Física no ensino em Engenharia.

## A METODOLOGIA PGD

A construção da metodologia dos Problemas Geradores de Discussões teve como ponto de partida a percepção das dificuldades de aprendizagem em Física dos alunos recém ingressos nos cursos de Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *câmpus* Ponta Grossa (MACHADO e PINHEIRO, 2009-a). Deu-se também pela percepção da necessidade de colocar em prática atividades de ensino na disciplina de Física Geral I com o objetivo de contribuir de forma mais efetiva para a formação científica, tecnológica e humanista, características da formação acadêmica em Engenharia solicitada pelas DCNs (MACHADO, 2009-a). A Metodologia PGD tem por objetivo:

[...] permitir às disciplinas da área de Ciência e Matemática dar uma maior parcela de contribuição para o desenvolvimento das habilidades e competências exigidas à formação acadêmica do engenheiro (BRASIL, 2002), ao promover atividades de ensino que levam o aluno a exercitar a sua capacidade de: ampliar e aplicar os conhecimentos científicos adquiridos à Engenharia, projetar e conduzir experimentos científicos e interpretar os resultados, identificar e resolver problemas de engenharia, desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas no intuito de solucionar um problema, comunicar-se eficientemente nas formas escrita e oral e avaliar o impacto das atividades da Engenharia no contexto social e ambiental (MACHADO, 2009-b, p.10).

E, a fim de atingir esses objetivos, a metodologia propõe que os PGDs sejam construídos com uma estrutura constituída basicamente de três partes: um problema principal ou **problema gerador**, as atividades ou questões/questionamentos que buscam promover a **formação profissional** e, por fim, as atividades destinadas a dar contribuições junto à formação do aluno para a sua **formação enquanto cidadão** (MACHADO, 2009-b). A ordem dessas partes não é obrigatoriamente fixa,

dependendo da habilidade e dos objetivos do professor ao elaborar as questões e os questionamentos. Dessa forma, o **problema gerador**<sup>1</sup> exerce papel fundamental junto ao funcionamento dos PGDs, pois funciona como elo de ligação entre todas as partes do PGD e ainda exerce suas funções como problema. Junto à formação profissional, os PGDs propõem atividades relacionadas à aplicação de conteúdos específicos da disciplina de Física Geral I na resolução de um problema contextualizado, portanto voltado para a área de atuação profissional do acadêmico de Engenharia. Propõe-se também a aplicação dos conhecimentos científicos adquiridos para a realização de atividades experimentais e para a elaboração de procedimentos. Busca-se, dessa forma, promover junto aos alunos o desenvolvimento de seus conhecimentos tecnológicos por meio de elaborações de processos. Junto à formação para a cidadania, os PGDs propõem atividades que buscam promover o desenvolvimento da conscientização do futuro engenheiro sobre suas responsabilidades enquanto profissional e enquanto cidadão. Essas atividades ocorrem por meio de discussões provocadas por questionamentos inseridos no problema. Esses questionamentos derivam do tema proposto pelo problema gerador e estão relacionados ao uso, elaboração ou avaliação de tecnologias, processos ou produtos tecnológicos a partir de parâmetros científicos, sociais e ambientais. Enquanto metodologia, os PGDs devem ser aplicados de acordo com uma seqüência lógica de procedimentos:

	<b>Atividade a ser realizada</b>	<b>Quem deve realizar</b>	<b>Onde realizar</b>	<b>Tempo necessário</b>
<b>Etapa 1</b>	-Discussão, busca da resolução e respostas às questões e questionamentos do PGD	Alunos, separados em grupos contendo no máximo 04 membros	Pode ser desenvolvida em sala de aula ou não	Se for realizada em sala de aula, disponibilizar aproximadamente 03 horas-aula. Fora da sala de aula o tempo gasto será determinado pelos alunos
<b>Etapa 2</b>	-Elaboração e entrega dos pré-relatórios	Alunos, separados em grupos com no máximo 04 membros.	Pode ser desenvolvida em sala de aula ou não	Em sala de aula, disponibilizar no mínimo 02 horas aulas. Fora da sala de aula, o tempo gasto será determinado pelos alunos
<b>Etapa 3</b>	Leitura dos pré-relatórios e anotações	Professor	Fora da sala de aula	Aproximadamente 02 horas
<b>Etapa 4</b>	Apresentação dos dados contidos no pré-relatório	Um grupo de alunos sorteado ou indicado pelo professor	Em sala de aula	Entre 03 e 04 horas-aula
<b>Etapa 5</b>	Discussão a respeito dos diferentes procedimentos apresentados nos pré-relatórios	Alunos e professor	Em sala de aula	As etapas 04 e 05 ocorrem simultaneamente
<b>Etapa 6</b>	Elaboração e entrega do relatório final	Aluno, de forma individual	Pode ser desenvolvida em sala de aula ou não	Em sala de aula, disponibilizar no mínimo 02 horas aulas
<b>Etapa 7</b>	Leitura e análise do relatório final para avaliar a aprendizagem do aluno	Professor	Fora da sala de aula	Tempo mínimo de 04 horas

**Quadro 1: Plano de execução de um PGD**

**Fonte: Manual para elaboração e aplicação da Metodologia PGD (MACHADO, 2009-b, p. 13)**

Para potencializar os efeitos dessa metodologia sobre a formação do aluno, julga-se fundamental que ao aplicar o problema, o professor solicite ao aluno uma postura mais próxima do profissional possível durante todo o processo de desenvolvimento das atividades relacionadas ao

<sup>1</sup> Entende-se o “problema gerador” proposto pela Metodologia PGD como sendo distinto do “tema gerador” proposto por Paulo Freire. Os problemas geradores têm uma aplicação bem mais específica, são elaborados pelo professor e são originalmente elaborados, em função das orientações das DCNs, para a aplicação no ensino da área de Ciência e Matemática em Engenharia, com a função de relacionar diferentes questionamentos voltados a promover a formação científica, tecnológica e humanista do aluno.

problema (MACHADO, 2009-b). Dessa forma, seguindo os passos de construção e elaboração de atividades de ensino por meio da Metodologia PGD, entende-se que os problemas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências exigidas à formação acadêmica do engenheiro (BRASIL, 2002), levando o aluno a exercitar sua capacidade de: ampliar e aplicar os conhecimentos científicos adquiridos à Engenharia; projetar e conduzir experimentos científicos e interpretar os resultados; identificar e resolver problemas de engenharia; utilizar novas ferramentas e técnicas no intuito de solucionar um problema; avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental.

## O PGD DESPERDÍCIO DE ÁGUA

O PGD apresentado no QUADRO 1, foi elaborado para aplicação na segunda semana de aula em turma de alunos recém-ingressos nos cursos de Engenharia, na disciplina de Física 1, com a finalidade de promover o ensino de Física por meio de atividades em grupo, de pesquisa, de discussões, aplicação de conhecimentos já adquiridos em atividades práticas em laboratório, socialização de conhecimentos científicos, entre outros, relacionados ao conteúdo medidas de grandezas físicas.

<b>Problema Gerador</b>	1-Determinar, por meio da atividade prática, o desperdício médio de água causado pelo seu grupo ao escovar os dentes com a torneira aberta.
<b>Questões: formação científica, técnica e/ou tecnológica</b>	1.1- Expressar o volume desperdiçado de água em litros e indicar seu correspondente valor em metros cúbicos.  1.2- Descreva os procedimentos desenvolvidos para chegar ao resultado obtido.
<b>Questões: formação profissional e humanística</b>	2- No processo de higienização bucal desenvolvido por meio da escovação, o que vocês qualificam como técnica e o que qualificam como tecnologia?  3- Comparem três diferentes torneiras (de girar, de pressionar e com sensor) e indique vantagens e desvantagens do seu uso.

**Quadro 1: Questões do PGD Desperdício de água.**

**Fonte: autoria própria.**

## A METODOLOGIA DA PESQUISA

O PGD Desperdício de Água foi aplicado no dia 27 de agosto de 2009. Para as primeiras atividades, desenvolvidas nos grupos, foram utilizadas três aulas. Os alunos tiveram, após essa primeira etapa, prazo de três dias, a contar do dia de aplicação, para entrega dos pré-relatórios, via *e-mail* e a segunda etapa, das discussões no grande grupo, ocorreu no dia 31 de agosto de 2009, com a utilização de cerca de três aulas, com prazo estabelecido de cinco dias para o envio dos relatórios finais.

Entende-se importante informar que em virtude dos pré-relatórios e relatórios finais enviados pelos alunos (solicitados pelo PGD) foram coletadas cerca de 110 páginas de dados para a pesquisa, contendo textos, gráficos, tabelas, etc.

Os relatos dos alunos ou dos grupos de alunos apresentados nesse trabalho, em forma de citação, não passaram por qualquer forma de correção ortográfica e, para preservar a identidade dos participantes, optou-se por distingui-los como, por exemplo, Alunos do Grupo 1 ou como Aluno A do Grupo 1. A investigação relatada nesse artigo foi aplicada na disciplina de Física 1, junto a uma turma de 40 alunos recém-ingressos nos cursos de Engenharia de Produção da UTFPR-PG, no segundo semestre do ano letivo de 2009. Os alunos foram separados em 10 grupos contendo 4 indivíduos. Por tratar-se a Metodologia PGD de uma proposta de ensino em Engenharia pouco estudada e pelo fato de que os fenômenos foram investigados no seu ambiente de ocorrência, entendeu-se a partir das orientações de Lakatos e Marconi (2001) que o estudo realizado desenvolveu-se por meio de uma pesquisa classificada como exploratória e aplicada. As atividades da pesquisa buscaram investigar a aplicação da Metodologia PGD por meio do Problema Gerador de Discussões apresentado no QUADRO 1.

A coleta de dados ocorreu por meio dos relatórios nos quais os alunos/grupos de alunos descreveram as atividades desenvolvidas na busca de solução às questões e questionamentos propostos pelos PGDs. A aplicação da segunda etapa dos PGDs, intitulada de etapa das discussões no grande grupo, deu-se de acordo com o método “grupo focal ou grupo de discussões” (CASTRO, 2006; CRUZ NETO, *et al.* 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. Os dados coletados foram analisados por meio do método Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977).

## **ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS**

Quanto à primeira atividade solicitada pelo PGD Desperdício de Água, os métodos empregados para a resolução podem ser exemplificados por meio do QUADRO 2. Nesse quadro, entende-se ser possível observar dois dos métodos empregados pelos grupos para a determinação do volume de água desperdiçado.

Os alunos do Grupo 10, por exemplo, inicialmente determinaram a vazão de água da torneira utilizada. Percebe-se, de acordo com o texto enviado, que não houve a indicação no relatório da forma com que ocorreu essa determinação. Apenas relataram que marcaram o tempo de escoamento da água e que esse volume de água, ou melhor, essa água foi coletada em um “Becker”, sem indicar qual foi o tempo de escoamento, qual a graduação do copo de Becker e o correspondente volume de água coletado.

Os alunos do Grupo 2, por sua vez, optaram por fazer a medida de dois tempos: o gasto durante todo o processo de escovação e o gasto apenas durante o processo de efetivo uso de água, ao qual se subentende como sendo o gasto para lavar a escova, molhar a boca e a pasta dental, enxaguar a boca e lavar a escova de dente. Esses tempos foram coletados, nas duas situações comentadas, para cada um dos alunos do grupo. Contudo, percebe-se por meio da tabela apresentada no relatório que apenas o tempo gasto durante a realização de todo o procedimento de escovação foi relatado. De posse desses tempos e utilizando-se da vazão anteriormente determinada, puderam determinar, para cada um dos alunos e em média, o volume de água total consumido e o volume de água utilizado. Para determinar o volume médio de água desperdiçado os alunos subtraíram do volume médio de

água utilizado durante todo o processo o volume médio de água efetivamente utilizado para a higienização bucal.

<p><b>Alunos Grupo 2</b></p>	<p>Com o objetivo de obter os resultados mais próximos ao real as experiências foram realizadas em um banheiro da faculdade utilizando uma torneira (de giro e de pressão) equivalente a uma residencial. Com a torneira já aberta foi utilizado o Becker para medir a quantidade de água que escoou no tempo aproximado de 5 segundos, este tempo foi controlado com o auxílio do cronômetro digital. Foi cronometrado o tempo gasto na escovação de cada um e feito uma média do tempo total. Com os dados obtidos e baseando-se na fórmula de vazão foi calculada a média de água gasta por uma pessoa durante uma escovação, assim, também foi calculada a mesma durante um maior período de tempo em alguns locais definidos (fórmula da vazão: <math>Q=V.t</math>)</p>																																				
<p><b>Alunos Grupo 10</b></p>	<p>[...] cada integrante utilizou a mesma pia e torneira para que o experimento ocorresse de forma padronizada, após a escolha do local de realização dos experimentos foi estabelecido que seriam cronometrados o tempo que: a) a torneira permanecesse aberta; b) o tempo durante a higienização de cada pessoa. Para os dois processos a contagem do tempo foi considerada desde o momento do início da queda de água, com a ativação do registro, até seu cessamento. Gotejamentos e pequenos vazamentos da torneira foram desconsiderados. Primeiramente foram calculados o tempo que cada integrante levou para escovar os dentes, depois de anotado o tempo, foi calculada a vazão de água da torneira utilizando um becker e usando a unidade requerida pelo professor e também na unidade do sistema internacional de unidades (SI). O valor da vazão da torneira semi-aberta é de 0,078 L/s ou 0,000078 m<sup>3</sup>/s, com esse valor é possível que seja calculado a quantidade de água desperdiçada por cada pessoa durante os dois processos de escovação através da multiplicação da vazão da torneira pelo tempo gasto durante os processos. A tabela 1 demonstra o tempo gasto na escovação de cada integrante (em segundos), o volume de água gasto com a torneira sempre aberta (em litros), o volume com a torneira aberta somente quando necessário o seu uso (em litros) e também o desperdício de água e a média total.</p> <table border="1" data-bbox="337 1020 1432 1335"> <thead> <tr> <th><i>Integrantes</i></th> <th><i>Tempo (s)</i></th> <th><i>Volume de água gasta com a torneira aberta (L)</i></th> <th><i>Volume de água gasta com a torneira aberta quando necessário (L)</i></th> <th><i>Desperdício (L)</i></th> <th><i>Desperdício (m<sup>3</sup>)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Leonardo</i></td> <td>86</td> <td>6,70</td> <td>1,42</td> <td>5,28</td> <td><math>5,28 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td><i>Thomas</i></td> <td>104</td> <td>8,11</td> <td>0,95</td> <td>7,16</td> <td><math>7,16 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td><i>Paulo</i></td> <td>75</td> <td>5,85</td> <td>0,81</td> <td>5,04</td> <td><math>5,04 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td><i>Maria</i></td> <td>58</td> <td>4,52</td> <td>0,64</td> <td>3,88</td> <td><math>3,88 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td><i>Média</i></td> <td>80,75</td> <td>6,29</td> <td>0,95</td> <td>5,34</td> <td><math>5,34 \times 10^{-3}</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabela 1 – Dados de volume e desperdícios de água em litros, durante a realização dos processos.</i></p>	<i>Integrantes</i>	<i>Tempo (s)</i>	<i>Volume de água gasta com a torneira aberta (L)</i>	<i>Volume de água gasta com a torneira aberta quando necessário (L)</i>	<i>Desperdício (L)</i>	<i>Desperdício (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Leonardo</i>	86	6,70	1,42	5,28	$5,28 \times 10^{-3}$	<i>Thomas</i>	104	8,11	0,95	7,16	$7,16 \times 10^{-3}$	<i>Paulo</i>	75	5,85	0,81	5,04	$5,04 \times 10^{-3}$	<i>Maria</i>	58	4,52	0,64	3,88	$3,88 \times 10^{-3}$	<i>Média</i>	80,75	6,29	0,95	5,34	$5,34 \times 10^{-3}$
<i>Integrantes</i>	<i>Tempo (s)</i>	<i>Volume de água gasta com a torneira aberta (L)</i>	<i>Volume de água gasta com a torneira aberta quando necessário (L)</i>	<i>Desperdício (L)</i>	<i>Desperdício (m<sup>3</sup>)</i>																																
<i>Leonardo</i>	86	6,70	1,42	5,28	$5,28 \times 10^{-3}$																																
<i>Thomas</i>	104	8,11	0,95	7,16	$7,16 \times 10^{-3}$																																
<i>Paulo</i>	75	5,85	0,81	5,04	$5,04 \times 10^{-3}$																																
<i>Maria</i>	58	4,52	0,64	3,88	$3,88 \times 10^{-3}$																																
<i>Média</i>	80,75	6,29	0,95	5,34	$5,34 \times 10^{-3}$																																

Quadro2: Procedimentos realizados para a resolução da primeira atividade do PGD Desperdício de água.

Fonte: autoria própria.

Um método distinto foi aplicado pelos alunos do Grupo 6. Nesse caso, além de determinar o volume desperdiçado utilizando-se da vazão, como nos dois exemplos já citados, optaram por determinar o volume utilizando-se de uma balança, para determinar a massa de água, e do valor tabelado da densidade da água. Dessa forma, pela relação densidade = massa / volume, determinaram o volume desejado:

*Para medir o desperdício médio de água usamos de duas técnicas. Uma foi medir a massa de água e a temperatura. Através de uma tabela de densidade pela temperatura, descobrir o volume encontrado. Durante um intervalo de tempo, para calcular a vazão. Já que seria impraticável coletar toda a água usada no processo. Outro método utilizado para calcular o volume de água médio, foi captar um volume de água em um determinado tempo, assim descobrimos a vazão. Visualizado no Béquier (Pré-relatório: Alunos, Grupo 6).*

Ainda que os métodos empregados pelos grupos tenham variado entre os três apresentados, ainda dentro de cada um dos métodos empregados variaram os procedimentos empregados. Os alunos do Grupo 7, por exemplo, optaram por estabelecer dois copos de água como uma referência de volume necessário para a escovação, contudo, sem apresentar justificativa sobre tal valor. A partir dessa referência, determinando o correspondente volume por meio da medição de sua massa e utilizando-se do valor conhecido da densidade da água:

*Como já citado adotamos que o suficiente para uma escovação satisfatória seriam de 2 copos[...] primeiramente com o copo vazio e seco foi colocado sobre uma balança digital a mesma possui um botão para tarar ( zerar ), o mesmo foi acionado, então o copo foi levado até a pia e feito enchimento desse copo como já explicado, quando o mesmo estava completo com a quantidade satisfatória, foi feita a pesagem resultando em 228,6 g . Porém não tínhamos certeza a respeito da taragem da balança [...] recomeçamos, secando o copo novamente e usando do béquer para fazer o enchimento do copo até o nível que havíamos definido como satisfatório. Essa pesagem foi feita somente uma vez, visto que qualquer mínima diferença de nível alteraria a pesagem, e o resultado da pesagem foi de : 212g. Sendo 2 copos o adotado pela equipe então  $2 \times 212g = 414g$  de água para uma escovação. Encontrando o volume para essa pesagem, temos o valor da densidade da água  $1g/cm^3$ , então  $414g$  são  $414cm^3$ . Apenas convertendo :  $414 cm^3$  ou  $4,14 \times 10^{-4} m^3$  ou ainda  $4,14 \times 10^{-1} L$  (Pré-relatório: Alunos, Grupo 7).*

Os alunos do Grupo 5, por sua vez, utilizando-se do método da vazão, tiveram a preocupação em realizar as medidas e determinar a o volume desperdiçado de água quando da utilização dos três tipos de torneiras citados no PGD:

*[...]criou-se a dúvida de como deveríamos proceder para medir a vazão de água da torneira, para que ao final do processo tivéssemos como saber a real quantidade gasta, então surgiu à idéia de marcarmos quanto tempo um copo plástico descartável de 180 ml levaria para encher. [...] Utilizando a mesma torneira juntamente com os dados do processo de escovação anterior, e mudando o fato de que a torneira deveria permanecer aberta apenas para o enxágüe inicial e final da escova e boca, ficando assim fechada durante todo o tempo de escovação, coletamos os novos dados e os relatamos no item 3. Posteriormente, seguimos ao banheiro localizado próximo a rampa de acesso ao bloco de automação industrial. Logo após chegarmos fizemos à escolha da torneira de pressionar localizada na posição central em relação às outras duas presentes no banheiro. Após cinco medições constatamos que o tempo médio de abertura da torneira foi de 9 segundos, e logo em seguida demos início a prática do teste. Com este modelo, substituímos o tempo de abertura da torneira pela quantidade de vezes que foram necessárias pressiona-la por cada integrante do grupo, para que se pudesse fazer o enxágüe inicial e final da escova e boca. Conforme item 3. Em seguida, procuramos a torneira com sensor no Campus da Universidade e constatamos que não havia a mesma para uso comum, ficando assim inviável de realizar as suas medições (Pré-relatório: Alunos, Grupo 5).*

Durante o processo das discussões no grande grupo o professor comentou sobre a necessidade dos alunos elaborarem relatórios com a maior quantidade e qualidade de informações possíveis, destacando a ausência de dados como um problema. Também observou que todos os métodos desenvolvidos foram corretos, porém, observou-se a necessidade de escolher, conforme a tarefa a ser desenvolvida, os procedimentos que permitissem chegar ao resultado desejado de forma mais eficiente, ou seja, mais rápida e mais correta. Foi observado pelo professor que, no caso do desperdício de água durante a escovação haviam muitas variáveis a serem consideradas (abertura do registro, tipo de torneira, hábitos alimentares do usuário, técnica de escovação do usuário, etc.) dessa forma, não seria possível indicar um único resultado para o cálculo do volume desperdiçado como sendo correto. Por isso, o objetivo dessa atividade deu-se mais para a avaliação dos métodos e dos procedimentos desenvolvidos para a realização da tarefa solicitada pelo PGD. O efeito dessas intervenções pôde ser percebido a partir dos relatórios finais enviados pelos alunos.

Aluno(a) A, Grupo 10	<i>Após esse feito, com o auxílio de um becker de graduação máxima de um litro, foi calculado que a torneira semi-aberta liberava um litro de água em 12,59 segundos, então com uma regra de três conseguimos encontrar a vazão da torneira semi-aberta de 0,078 L/s, ou em unidades do sistema internacional (SI) 0,000078 M<sup>3</sup>/s.</i>
Aluno(a) C, Grupo 3	<i>[...] nosso grupo falhou no que se refere à descrição dos processos realizados, faltou uma descrição mais detalhada do que nós realizamos[...] poderíamos ter apresentado de outras formas os resultados obtidos, como gráficos e tabelas. Porém nós não cometemos nenhum erro relevante nas medições ou nos cálculos, o que poderia ser considerado grave nessa atividade. Talvez fosse melhor se nós tivéssemos empregado um método diferente para chegar ao resultado final, pois o usado por nós necessitou de muitas etapas para chegar ao fim, o que aumentou as chances de erro e nos tomou tempo. [...] apesar de terem sido empregados diversos métodos pelos grupos, pôde-se constatar que os resultados foram bem próximos uns dos outros, o que sugere que todos foram bem sucedidos.</i>
Aluno(a) B, Grupo 9	<i>Outro grupo determinou o desperdício de forma diferente dos outros. Primeiramente a massa do Becker e da massa de água vazada em um tempo “x”, determinado pelo tempo de escovação, foram obtidos através de uma balança, então foi medido a temperatura da água (devido a sua densidade variar a temperaturas diferentes). Com os resultados, foi possível determinar a vazão de água e o volume desperdiçado, além de outras, como a qualidade da água. A idéia do grupo não foi errada, mas por terem usados critérios físicos mais complexos, teriam que ter sido mais rigorosos com relação principalmente a dilatação térmica do copo graduado. Apesar das diferenças de procedimentos usados, tempos de escovação, o próprio jeito de se abrir a torneira e também o fato de todas as torneiras apresentarem vazões diferentes, os grupos apresentaram resultados parecidos, em torno de 6 Litros de água desperdiçados por escovação.</i>

**Quadro 3: Relatórios finais, dados referentes à primeira atividade do PGD.**

**Fonte: Autoria própria.**

Entende-se que, a partir dos exemplos apresentados no QUADRO 3, é possível perceber que durante a confecção dos relatórios finais houve, conforme solicitação do professor, melhoria na quantidade e qualidade das informações relatadas pelos alunos. O (A) aluno(a) do Grupo 10 indicou no relatório final a forma com que determinou a vazão, visto que, anteriormente, no pré-relatório, essa indicação não ocorreu. O (A) aluno(a) do Grupo 3, por sua vez, também demonstra reconhecer a necessidade de aumentar a quantidade e qualidade das informações apresentadas nos relatórios, porém, destaca, ainda, o reconhecimento de que a atividade realizada poderia ter sido desenvolvida por diferentes métodos e processos. A partir do relato do (a) aluno(a) B do Grupo 9, entende-se ser possível perceber que durante as discussões também foram abordadas questões científicas, ou seja, voltadas para diferentes conhecimentos da área da Física, além da realização de medidas, conversões e cálculos.

Discutiu-se, entre outras questões, o fato de um grupo de alunos terem se preocupado em determinar a temperatura da água, pois essa influencia no valor da densidade do líquido. Nesse caso, o professor destacou junto aos demais alunos a importância do uso dos conhecimentos científicos para a realização das atividades em laboratório, pois, esses conhecimentos possibilitam aos alunos o reconhecimento de determinadas grandezas ou fenômenos físicos que, se passarem despercebidos, podem contribuir para que os resultados atingidos na atividade não venham a ser os mais corretos.

Observou ainda, o professor, que na atividade desenvolvida pelos alunos, de indicar a temperatura como fator influente na densidade da água, também poderia ser para a determinação do volume em recipientes graduados, pois em função de uma acentuada variação na temperatura os volumes dos recipientes também poderiam variar.

Para o segundo questionamento proposto pelo PGD destacam-se, como exemplos, as definições de técnica e tecnologia apresentadas no QUADRO 4. Entende-se, a partir dos exemplos indicados nesse quadro, que houve por parte dos alunos correta interpretação/diferenciação entre técnica e tecnologia no processo de higienização bucal, porém, percebeu-se que a idéia dos alunos sobre tecnologia restringiu-se principalmente aos produtos ou “artefatos” tecnológicos.

Alunos Grupo 1	<i>A técnica de escovação dental baseia-se em realizar movimentos suavemente de vaivém, inclinado com a gengiva, na posição horizontal; percorra toda a extensão dos dentes, massageando a gengiva;[...]. Como já visto as tecnologias são produtos criados por especialistas, neste caso também para uma melhoria nos cuidados da saúde bucal, que vai desde uma pasta dental, escova de dentes até produtos utilizados nos próprios consultórios odontológicos.</i>
Alunos Grupo 5	<i>A técnica foi o modo utilizado por cada integrante para realizar a escovação. E a tecnologia são as ferramentas que proporcionam uma melhor qualidade na escovação como, por exemplo, o creme dental, a escova dental e as torneiras utilizadas.</i>
Alunos Grupo 10	<i>Existem várias técnicas de escovação, mas quatro movimentos são os básicos para a higiene bucal, sendo eles: vertical, horizontal, circular e oblíquo. Compreende-se por tecnologia, no caso proposto, os instrumentos e produtos utilizados durante a higiene, como: escova (tamanho e espessura das cerdas – macia, média e dura), creme dental (granulação do abrasivo, conciliação do creme dental com outros produtos químicos, exemplo própolis, triclosan, agentes branqueadores, clorexidina, bactericidas) e outros.</i>

**Quadro 4: Conclusões dos grupos sobre os conceitos de técnica e tecnologia.**

**Fonte: Autoria própria.**

Dessa forma, durante o processo das discussões o professor buscou esclarecer o fato de que também existem os “mentefatos” tecnológicos, ou seja, as tecnologias relacionadas ao conhecimento (PINHEIRO, 2005). Por essa razão, também pode ser considerado como tecnologia o conhecimento científico utilizado para determinar a técnica de escovação e o conjunto de procedimentos tecnológicos estabelecidos que definem uma técnica. Como consequência, entende-se que as discussões contribuíram para modificar o entendimento dos alunos sobre tecnologia, pois esses, conforme mostram as citações a seguir, também passaram a relacioná-la a conhecimentos científicos e procedimentos, além do habitual relacionamento aos produtos tecnológicos.

*[...] técnica é a maneira de executar um instrumento sem precisar saber como aquilo foi feito, e tecnologia, além de englobar uma técnica, também tem um lado científico que estuda procedimentos atualizados para criar algo novo (Relatório final: Aluno B, Grupo 9).*

*Ainda o professor “XXXX” acrescentou que Técnica é a execução sem entender o processo ou o motivo pelo qual se realiza determinada tarefa, citando como exemplo o ato de apertar parafusos. E ainda utilizando o mesmo exemplo, que tecnologia seria entender o procedimento, e os motivos que estariam ligados ao apertar parafusos (Relatório final: Aluna C, Grupo 10).*

Quanto ao terceiro questionamento do PGD, referente a avaliação das vantagens e desvantagens do uso de três diferentes tipos de torneira, entende-se ser possível observar a variedade de aspectos abordados pelos alunos em seus grupos, a partir dos seguintes exemplos:

**Torneira de girar:** *Vantagens: Se tem maior controle sobre a vazão de água. Desvantagens: O uso de forma errada ocasiona um enorme desperdício de água, maior que qualquer outro tipo de torneira. E também é necessário um intenso contato com ela.* **Torneira de pressionar:** *Vantagens: A torneira se alto desliga e não é necessário um grande tempo de contato pra aciona- lá. Desvantagens: Não se pode controlar a vazão de água.* **Torneira com sensor:** *Vantagens: Esse tipo de torneira evita qualquer contato com algum mecanismo para ligá-la, dificultando assim a transmissão de doenças como, por exemplo, a nova gripe. E também ao interrompermos o estímulo, interrompe-se também a vazão, economizando água. Desvantagens: Esse tipo de torneira implica em um alto custo de implantação (Pré-relatório, Alunos, Grupo 3).*

**Torneira comum ( girar ) :** *São mais acessíveis a todos, devido a sua baixa tecnologia e custo ( esse fator é um tanto relativo dependendo tanto da marca quanto do design ), sendo assim de fácil produção e possuindo uma grande variedade de marcas. A sua baixa tecnologia também implica no seu maior consumo de água, pois para uma pessoa escovar os dentes, por exemplo, até esta abrir a torneira, molhar a escova e levando-a na boca para*

somente depois executar o fechamento, já ocorreu um desperdício, mesmo que pequeno, sendo repetido algumas vezes por dia, torna-se mais considerável. Além é claro de no caso das de custo mais baixo, por isso as mais usadas, serem fabricadas com materiais de qualidade não tão nobre, o que afeta diretamente no desgaste das vedações e no aparecimento dos tão comuns vazamentos. **Torneira com fechamento automático** : Tem um custo mais elevado, devido a sua tecnologia mais avançada e um uso de materiais mais nobres, o que por sua vez aumenta o n° de aberturas de sua vida útil, com menor índice de desgaste e de vazamentos por consequência, porém como implica em uma maior tecnologia e custo de fabricação, a gama de fabricantes já não é tão ampla quanto a das torneiras comuns ( de girar ). Como já mencionado, o número de vazamentos diminui, e o consumo diminui, pois além dos vazamentos o fechamento se dá automaticamente alguns segundos após essa ser pressionada, a regulagem desse tempo pode ser efetuada alterando a tensão da mola de retorno, quanto mais tensão nessa na mola mais rapidamente ocorre o retorno e o fechamento da torneira. Foi comentado pelo grupo que o principal problema da utilização desse tipo de torneira, esta na falta de técnica das pessoas, geralmente pressionam ao máximo a torneira apenas para molharem a escova e o creme dental, sendo o correto uma pequena pressão para uma rápida abertura, tanto para esse primeiro enxágüe, como no término para enxaguar a boca, pós escovação, foi colocado também mais uma breve pressão para fazer a higiene das bochechas e língua. Outro exemplo dessa falta de técnica, pode ser citado quando as pessoas vão lavar a mão e por vício, talvez, pressionam para molhar a mão antes de ensaboá-la, esse processo leva a pessoa a pressionar mais uma vez à torneira, pois somente um pressionamento não dá o tempo suficiente para todo o procedimento. **Torneiras com funcionamento por sensor de presença** : São com certeza as de custo mais elevado, devido ao seu alto desenvolvimento tecnológico tanto para funcionamento quanto para os materiais usados na sua fabricação. Essa se dá imediatamente ou até 4 segundos da detecção da presença do usuário, evitando-se acionamentos acidentais. O fluxo permanece até o afastamento do usuário ou por um tempo máximo de até 150 segundos, não temos informação se esse tempo é regulável, ou se o dispositivo temporizador é do tipo “ caixa preta ”. Essas torneiras são mais eficientes que as de fechamento automático, tanto na redução de consumo de água quanto na questão de higiene. Segundo alguns fabricantes (Draco e Esteves) têm uma economia de 60% até 70% de água em relação às torneiras convencionais (Pré-relatório, Alunos, Grupo 7).

Referente a essa questão, o processo das discussões desenvolveu-se mais como uma troca de informações entre os grupos/alunos do que uma discussão propriamente dita. Dessa forma, nos relatórios finais os alunos em sua grande maioria restringiram-se a anexar aos aspectos já abordados anteriormente nos seus pré-relatórios alguns aspectos diferentes que foram relatados pelos alunos dos outros grupos. Contudo, em alguns casos, os alunos apresentaram algumas considerações entendidas como relevantes para a pesquisa:

*Sobre as torneiras e suas variedades, eu pude concluir que nem sempre o produto mais tecnológico e a melhor opção, precisam ser levados em conta os locais onde serão utilizadas, as necessidades das pessoas que utilizaram, além de seu custo, ou seja, ver também se realmente é viável ou não seu uso. As torneiras de manopla giratória e de pressionar são as mais indicadas para uso doméstico, já a de sensor não, principalmente por seus custos elevados tanto na aquisição como na sua manutenção, mais é a que trará maior comodidade e segurança nos locais de grande circulação de pessoas, com ela não é necessário o contato direto com a torneira (Relatório final, Aluno C, Grupo 3).*

*As vantagens e desvantagens das três torneiras (de girar, de pressionar e sensorial) propostas pelos outros grupos foram parecidas, mas adicionaram algumas outras idéias que não tínhamos pensado durante a realização do trabalho. As torneiras comuns têm suas vantagens economicamente, são recicláveis, manutenção barata, pode ser regulado o fluxo de saída de água da torneira, mas sua desvantagem se da na higienização, pois o contato deve ser feito ao ligá-la e desligá-la, mas a questão da ética de cada pessoa a torna inapropriada em lugares públicos como shoppings, restaurantes, hospitais. A torneira de pressionar é economicamente mais cara, não tem controle do tempo de fluxo da água nem da sua vazão, e há o contato com ela, mas apenas na hora de ligá-la, tornando-a mais higiênica e mais apropriada a locais como escolas. A torneira de sensor é a com maior custo, durabilidade baixa, custo de manutenção e luz altas, mas também de maior higiene, devido ao seu sistema sensorial, possui controle do tempo de fluxo de água também(Relatório final, Aluno A, Grupo 9).*

*Quando as torneiras de pressão são utilizadas em locais públicos, elas se tornam mais vantajosas por desperdiçarem menos água, e pelo custo de instalação e manutenção ser mais barato que as de sensores; além disso, a probabilidade do contágio de doenças em locais públicos aumenta, e a utilização da torneira de pressão evita este contágio. As torneiras de giro são as mais acessíveis no mercado, pelo seu custo baixo; porém o tempo de vida delas e a qualidade são muito baixas; além disso, o desperdício de água de um modo geral é muito maior do que a dos outros tipos. As torneiras com sensores são muito caras e de difícil acesso no mercado, mas facilitam o manuseio para deficientes quando postas na altura acessível aos mesmos; além disso, elas se tornam muito mais práticas do que qualquer outro tipo (Relatório final, Aluno A, Grupo 2).*

Nesses casos, entende-se que os relatos permitem perceber que houve, por parte dos alunos, comparações importantes sobre o uso de diferentes torneiras, conseqüentemente, sobre o uso de diferentes tecnologias, levando em consideração não somente questões científicas e tecnológicas, mas, também, questões sociais.

## CONCLUSÕES

Entende-se, a partir do exposto, ser possível afirmar que o PGD aplicado contribuiu para a formação científica e tecnológica do aluno envolvido em sua aplicação por meio do desenvolvimento de uma maior participação desse aluno no processo do ensino e aprendizagem. Essa ocorrência deu-se à medida que ele precisou refletir junto às questões e questionamentos do PGD na busca de encontrar os caminhos ou procedimentos para atingir as respostas e/ou soluções solicitadas. Nessa perspectiva, considera-se que as discussões propostas pelo PGD apresentaram-se como uma potencial forma de aprendizado à medida que os alunos colocaram seus conhecimentos teóricos em teste, inicialmente no pequeno grupo e posteriormente no grande grupo, inclusive com a participação do professor, e passaram a aprender nesse processo interativo de forma mais dialogada. Para o professor, julga-se que a ocorrência da exteriorização das idéias dos alunos durante as discussões apresentou-se como uma oportunidade ímpar para avaliar o aluno, ou seja, para perceber as dificuldades do aluno ao realizar as tarefas e, com isso, verificar se está ou não ocorrendo a aprendizagem. Entende-se também que a aprendizagem foi potencializada pela aplicação do PGD Desperdício de Água à medida que o aluno necessitou realizar pesquisas na busca de conhecimentos para a solução das questões ou questionamentos do PGD e ainda quando seus conhecimentos prévios precisaram ser utilizados para resolver o problema prático da determinação do volume de água desperdiçado durante a escovação dos dentes com a torneira aberta. Outro importante aspecto que julga-se necessário destacar está no entendimento proporcionado pelo PGD em questão quanto ao conceito de tecnologia. Julga-se que ao levar o aluno a diferenciar técnica e tecnologia esclarece a esse aluno, recém-ingresso no curso de Engenharia, a importância dos conhecimentos científicos trabalhados nas diversas disciplinas, pois, será por meio dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso que ele buscará aptidão para avaliar, elaborar e/ou analisar procedimentos, processos e/ou produtos tecnológicos, sendo essas algumas das funções do Engenheiro. Por outro lado, à medida que os PGD solicitou a avaliação e comparação entre diferentes tecnologias (tipos de torneiras), exigiu dos alunos a busca, aquisição e o uso de conhecimentos científicos bem como conhecimentos relacionados a questões sociais, ambientais, éticos, morais, políticos, etc., como subsídios para a realização da tarefa. Nessa perspectiva, considera-se que o PGD Desperdício de Água deu efetiva contribuição no processo de formação do aluno de Engenharia também no aspecto humanista. Dessa forma, vislumbra-se a aplicação da Metodologia PGD como um caminho capaz de promover a participação do aluno, por meio de diferentes formas de ensino, na busca e aquisição de novos conhecimentos voltados para questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais. Ao utilizar-se

desse caminho, acredita-se que os professores das áreas de Ciência e Matemática nos cursos de Engenharia podem desempenhar um papel mais efetivo na busca da formação profissional e para a cidadania do aluno, futuro engenheiro, de acordo com as solicitações das DCNs.

## REFERÊNCIAS

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

BRASIL. CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, que institui as **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Ministério da Educação, Brasília, 2002. Disponível em <http://www.abepro.org.br> . Acesso em 07/12/07.

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

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.

LAKATOS, E. A.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4e, revista e ampliada, Editora Atlas, São Paulo, 2001.

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-a. Disponível em: [www.pg.cefetpr.br/ppgect/dissertacoes/contador/1.php](http://www.pg.cefetpr.br/ppgect/dissertacoes/contador/1.php) .

\_\_\_\_\_. **Manual para elaboração e aplicação da Metodologia PGD na disciplina de Física em cursos de Engenharia**. PPGECT, UTFPR, Ponta Grossa 2009-b. Disponível em: [http://www.pg.cefetpr.br/ppgect/dissertacoes/dis2009/vinicius\\_machado\\_produto.pdf](http://www.pg.cefetpr.br/ppgect/dissertacoes/dis2009/vinicius_machado_produto.pdf) .

MACHADO, V.; PINHEIRO, N. A. M. **Contribuições para a formação acadêmica do engenheiro: trabalhando por meio de Problemas Geradores de Discussões**. Anais do I SINECT, UTFPR, Ponta Grossa, junho de 2009-a. p. 1488-1498. Disponível em: [http://www.pg.utfpr.edu.br/sinect/anais/artigos/12%20Ensinonasesenhariasenastecnologias/Ensino\\_nasenhariasenastecnologias\\_artigo3.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/sinect/anais/artigos/12%20Ensinonasesenhariasenastecnologias/Ensino_nasenhariasenastecnologias_artigo3.pdf).

\_\_\_\_\_. Problema Gerador de Discussões: uma metodologia para o ensino em Engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, vol.2, n.01, 2009-b, p.31-49. Disponível em <http://www.pg.utfpr.edu.br/depog/periodicos/index.php/rbect> .

PINHEIRO, N. A. M. **Educação crítico-reflexiva para um Ensino Médio científico tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático**. 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.