

RELATO DE UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA SOBRE REFLEXÃO EM ESPELHOS PLANOS NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA REALIDADE

JAIR LÚCIO PRADOS RIBEIRO*

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências
Universidade de Brasília - UnB Campus Universitário Darcy Ribeiro
Asa Norte, CEP 70919-970 Brasília / DF, Brasil

Resumo

O artigo apresenta um relato de uma atividade desenvolvida no segundo ano do ensino médio sobre a reflexão em espelhos planos. O banheiro da escola era mal projetado, de forma que se a porta do mesmo estivesse aberta, um observador externo poderia ver imagens dos gabinetes sanitários refletidas no espelho do banheiro. A partir dessa condição real, os alunos desenvolveram propostas de intervenção para a solução do problema com base nos princípios da óptica geométrica. Sete categorias de propostas foram compiladas e cinco delas se revelaram funcionais. Cada um dos tipos é apresentado e discutido por via geométrica e algébrica. A atividade teve forte impacto motivacional entre os alunos, pois a natureza de um trabalho investigativo e de elaboração de alternativas de intervenção os levou a discutir e comparar suas propostas com as elaboradas por outros grupos, fato que acreditamos ter contribuído para a aprendizagem.

Palavras-chave: Atividade investigativa, óptica geométrica, ensino de Física.

*E-mail: : jairlucio@gmail.com

Abstract

The article presents a report of an activity on reflection in flat mirrors developed in the second year of high school. The school bathroom was poorly designed, so if the door was open, an outside observer could see images of the bathroom cabinets reflected in the bathroom mirror. From this actual condition, students developed intervention proposals to solve the problem based on the principles of geometric optics. Seven categories of proposals were compiled and five of them proved to be functional. Each type is presented and discussed by geometric and algebraic methods. The activity had a strong motivational impact among the students, because the nature of an investigative work and the elaboration of intervention alternatives led them to discuss and compare their proposals with those elaborated by other groups, which we believe have contributed to learning.

Keywords: investigative activity, geometrical optics, physics teaching.

1 Introdução

Um dos principais celeiros de pesquisas em ensino de ciências são as atividades desenvolvidas a partir de situações reais vivenciadas na sala de aula. O presente artigo se inscreve nessa tradição: apresentamos aqui um relato de uma atividade desenvolvida com estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola particular de Brasília, durante a abordagem do tema de espelhos planos nas aulas de óptica geométrica, no ano de 2015.

A atividade surgiu a partir de uma percepção relatada por alguns estudantes acerca de um dos banheiros masculinos da escola. No caso, o recinto estava mal concebido, pois quando a porta do mesmo se encontrava aberta, um observador externo era capaz de ver as imagens de três gabinetes sanitários, devido à reflexão da luz no espelho do banheiro (Figura 1). Tal visualização, mesmo que acidental, causava constrangimento aos usuários dos gabinetes, muitas vezes distraídos demais para perceber essa questão.

Percebemos quase de pronto que esta condição real presente no ambiente externo à sala de aula – ainda que pertencente ao contexto físico da escola – poderia ser transformada em uma tarefa sobre a reflexão em espelhos planos, tema que estava sendo abordado à época junto ao grupo de alunos. A nosso ver, a situação apresentava uma oportunidade de construir resultados reais a partir da aplicação de uma teoria física, com uma chance intrínseca de melhorar a motivação para a aprendizagem. Na atividade que desenvolvemos a partir da situação real, os alunos deviam se distribuir em grupos (quatro ou cinco integrantes), os quais deveriam então desenvolver e, posteriormente, apresentar ao professor suas propostas de solução desse inusitado dilema.

Percebemos *a posteriori* que a elaboração de tais propostas por parte dos alunos dialogava com a matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. As questões desse exame são elaboradas não a partir de conteúdos específicos, mas sim a partir de um conjunto de habilidades e competências esperadas do estudante nessa etapa de ensino. Essa matriz, por sua vez, é organizada a partir de cinco



Figura 1: *Visão externa do ambiente interno do banheiro quando observado a partir da porta aberta.*

eixos cognitivos (dominar linguagens, compreender fenômenos, enfrentar situações-problema, construir argumentação e elaborar propostas). Cardozo (2006) percebe em tais eixos um paralelo com as operações formais descritas por Piaget:

Essas competências são descritas nas operações formais de Piaget, tais como: capacidade de levantar todas as possibilidades para resolver um problema, formulação de hipóteses, combinação de todas as possibilidades e separar variáveis para testar a influência de vários fatores, uso do raciocínio hipotético dedutivo, interpretação, análise e comparação, argumentação e generalização de diferentes conteúdos (CARDOZO, 2006, p.4).

Para Orrico (2009), um eixo cognitivo está relacionado ao conhecimento que uma pessoa possui acerca de um objeto de estudo. Veiga-Neto (1996) é mais analítico, associando os eixos cognitivos à capacidade de mobilização do conhecimento por parte dos alunos, ou seja, as disposições dos saberes, as relações entre eles e suas manifestações apreensíveis. Já para Costa-Beber e Maldaner (2013) tais eixos seriam competências de ordem geral e se referem a um “saber-fazer”, ou seja, a uma ação vinculada ao conhecimento e não alicerçada apenas na técnica.

A análise que os últimos autores apresentam acerca dos cinco eixos cognitivos gerais do ENEM mostra que alguns deles são pouco exigidos nas questões de Ciências da Natureza, em particular o quinto eixo, cuja redação consta da matriz de referência usada para nas edições mais recentes do ENEM da seguinte forma:

Eixo cognitivo 5. Elaborar propostas: recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2012).

A nosso ver, a atividade descrita nesse artigo tem similaridade com tal eixo cognitivo, na medida em que os próprios estudantes devem desenvolver suas sugestões para intervenção na instalação. Nosso papel,

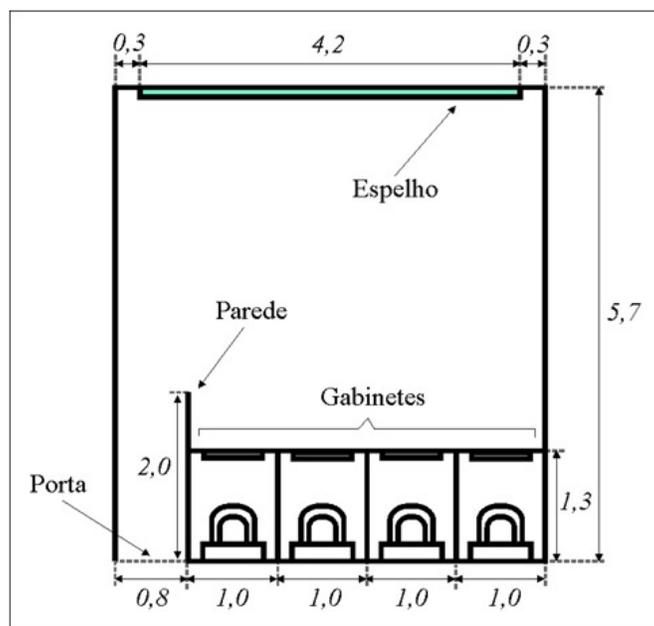


Figura 2: Planta do banheiro disponibilizada para os estudantes, contendo as dimensões relevantes.

após a exposição inicial (ou seja, durante a atividade em si), foi mais próximo ao de um orientador ou consultor técnico, discutindo com os estudantes se suas sugestões eram viáveis e quais problemas elas apresentavam, a fim de que as mesmas pudessem ser incrementadas.

Passamos então, na seção a seguir, a descrever as principais soluções apresentadas pelos alunos para o dilema inicial. Frisa-se que nem todas as propostas são funcionais, e aquelas que não se valeram de conhecimentos próprios da reflexão da luz em espelhos planos também não foram apresentadas. Após tal apresentação, tecemos algumas considerações finais acerca da atividade.

2 Propostas Desenvolvidas Pelos Estudantes

Apesar da possibilidade de acesso direto à instalação sanitária onde o problema estava ocorrendo, questões logísticas (em especial, a destinação para uso masculino do banheiro, a falta de espaço para todo o grupo de alunos e a notória insalubridade que ambientes sanitários costumam apresentar) nos levaram a trabalhar com uma representação do recinto em papel. A visita in loco à instalação, entretanto, foi permitida para os grupos que assim desejassem, mas poucos grupos de estudantes se dispuseram a fazê-la.

Assim, determinamos de antemão à aula as dimensões relevantes da instalação com trena e régua comuns, e então construímos a planta baixa do recinto na Figura 2, a qual foi distribuída para os grupos. Consideramos importante frisar que a planta baixa mostrada na Figura 2 não corresponde a todo o banheiro, pois existe uma ala adicional de mictórios à direita, a qual é separada da região representada. Essa ala não é visível por reflexão no espelho, razão pela qual decidimos pela sua exclusão da planta baixa. Fizemos então uma exposição oral da situação-problema, durante a qual parcela considerável dos estudantes relatou já haver percebido tal situação. Alguns alunos, inclusive, fizeram tais comentários de forma jocosa ou

Tabela 1: *Distribuição, funcionalidade e frequência relativa dos tipos de proposta compilados na atividade.*

Proposta	Funcionalidade	Número de grupos	Frequência relativa
A	Sim	18	21,1 %
B	Sim	12	14,1 %
C	Sim	3	3,5 %
D	Sim	21	24,7 %
E	Não	14	16,5 %
F	Não	5	5,9 %
G	Sim	2	2,4 %
Não usou conceitos de óptica	Não se aplica	6	7,1 %
Não foi apresentada uma proposta	Não se aplica	4	4,7 %

irônica, mostrando os embaraços que tal situação criava. Um aluno chegou a apresentar um comentário contundente: para bloquear completamente a luz refletida do espelho, os usuários deveriam simplesmente se lembrar de fechar a porta ao entrar em um dos gabinetes do banheiro.

No ano de realização da atividade (2015), a escola contava com dez turmas de segundo ano, e cada uma dessas turmas tinha, em média, quarenta alunos. Os alunos puderam se organizar livremente em grupos de quatro ou cinco integrantes. No total, foram formados 85 grupos, dos quais recebemos 81 propostas (quatro grupos não entregaram nenhuma sugestão). Dentre as sugestões recebidas, seis não usaram nenhum conceito de reflexão (um grupo sugeriu a mudança do banheiro de lugar na escola e cinco outros propuseram a retirada por completo do espelho do banheiro).

As propostas foram então compiladas e separadas por similaridade. Ao final dessa análise, percebemos a existência de sete sugestões de solução do dilema, sendo que duas das propostas se revelaram não funcionais (ou seja, se implantadas, continuaria sendo possível para um observador externo observar imagens refletidas dos gabinetes no espelho). A Tabela 1 apresenta as frequências de aparecimento de todas as soluções apresentadas (nomeadas de A até G), as quais serão discutidas com mais detalhes a seguir.

Cabe ressaltar ainda que, ao requerermos as propostas dos grupos de estudantes, frisamos que elas deveriam incluir algum cálculo (estimativa da dimensão, por exemplo), caso alguma nova estrutura (parede, cobertura, etc.) fosse adicionada ou retirada. Também sugerimos que eles buscassem alternativas práticas e/ou de baixo custo, recomendação nem sempre seguida pelos grupos. A taxa de erro em tais cálculos não foi computada; assim, embora propostas similares tenham sido agrupadas na mesma categoria, não necessariamente os grupos que as apresentaram chegaram a valores idênticos. A seguir, quando discutimos cada uma das sete propostas com mais detalhe, adicionamos os valores esperados para as dimensões dos elementos introduzidos em cada uma delas. Frisamos ainda que tais valores são aproximados (daí a constância do símbolo \approx nas equações), mesmo que determinados algebricamente, devido à pouca

precisão (ordem de decímetros) com que as medidas das dimensões do recinto foram obtidas por nós.

2.1 Proposta A

Dezoito grupos sugeriram que uma porção da superfície refletora deveria ser pintada ou recoberta com algum material (e.g. papel ou plástico) para que as imagens não pudessem ser observadas a partir da porta aberta. Como em todas as sugestões, houve variações entre os desenhos, mas esse tipo de sugestão pode ser representado pela Figura 3.

Devemos confessar que, ao elaboramos a atividade, acreditávamos que essa seria a proposta mais frequente. A expectativa não se confirmou (a proposta D foi a mais frequente), mas ainda assim a proposta foi desenvolvida por mais de 20% dos grupos. Para aqueles que fizeram tal proposta, foi requerido que se estimasse o comprimento de tal cobertura ou pintura. A partir da Figura 3, é possível determinar esse comprimento (a), por regras de geometria simples:

$$\frac{a + 0,3}{5,7} = \frac{0,8}{2} \rightarrow a \approx 2,0m \quad (1)$$

Tal solução é funcional: se a parcela de comprimento a do espelho for recoberta, não mais haverá a possibilidade de observação das imagens dos gabinetes. A nosso ver, essa é a melhor proposta, na medida em que apresenta uma clara vantagem na praticidade e no custo: cobrir essa parcela do espelho com pedaços de cartolina, por exemplo, seria uma tarefa rápida e pouco dispendiosa.

2.2 Proposta B

Doze grupos sugeriram que uma nova parede, perpendicular à parede interna já existente e paralela ao espelho plano, deveria ser construída (Figura 4). Tal proposta também é funcional, na medida em que a nova parede bloqueia os raios de luz oriundos dos gabinetes e impede, portanto, a sua observação externa através da reflexão do espelho. A nosso ver, entretanto, essa proposta apresentaria dificuldades técnicas superiores à proposta A, além de um custo mais elevado.

Foi requerido então dos grupos que elaboraram tal sugestão o cálculo do comprimento mínimo da nova parede (b), o qual, novamente, pode ser calculado por simples semelhança de triângulos:

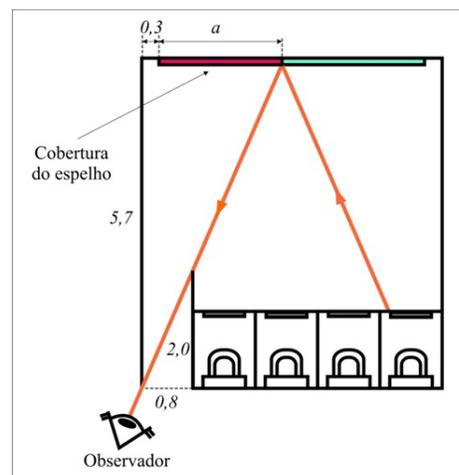


Figura 3: Diagrama geométrico para a proposta A.

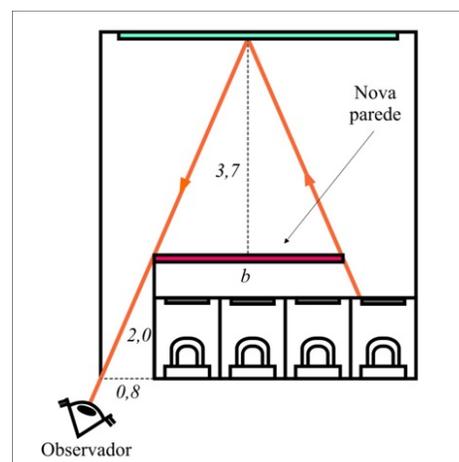


Figura 4: Diagrama geométrico para a proposta B.

$$\frac{\frac{b}{2}}{5,7} = \frac{0,8}{2} \rightarrow b \approx 3,0m. \quad (2)$$

2.3 Proposta C

Apenas três grupos sugeriram que fosse construída uma parede paralela ao espelho no meio do banheiro, mas não contígua a nenhuma das paredes existentes (Figura 5). Cabe frisar que apenas nenhum dos três grupos chegou à solução correta (demonstrada a seguir) do ponto de vista da óptica geométrica. Creditamos os erros, nesse caso, à dificuldade intrínseca que a situação apresenta, conforme pode ser percebido na Figura 5, em relação às outras sugestões.

O tamanho da parede (c) é dependente, nesse caso, da distância entre a mesma o espelho (indicada na imagem por p_1). Esse tamanho foi dividido, para fins de cálculo, nas parcelas nomeadas c_1 e c_2 na imagem. Por semelhança, determina-se c_1 :

$$\frac{\frac{c_1}{2}}{p_1} = \frac{0,8}{2} \rightarrow c_1 \approx 0,8p_1. \quad (3)$$

Na Figura 5, o valor $0,1m$ equivale à pequena distância existente entre a porta do gabinete (representada em cinza na imagem) e a parede interna. Já o valor $0,28m$ à esquerda dessa parede foi determinado por semelhança de triângulos:

$$\frac{x}{0,8} = \frac{0,7}{2} \rightarrow x \approx 0,28. \quad (4)$$

Assim, o comprimento c_2 é determinado por ainda outra semelhança de triângulos, a seguir:

$$\frac{c_2}{5,7 - p_1} = \frac{0,28 + 0,1}{0,7} \rightarrow c_2 \approx 2 - 0,54p_1. \quad (5)$$

Combinando as equações 3 e 5, encontramos:

$$c = c_1 + c_2 \approx 2 + 0,26p_1. \quad (6)$$

A Figura 5 permite perceber que, quanto mais próxima ao espelho a nova parede estiver, maior ela deverá ser. Quando $p_1 = 3,7$, a nova parede estará contígua à parede interna, como na proposta B, fazendo com que a solução numérica encontrada na equação 6 se iguale àquela da equação 2.

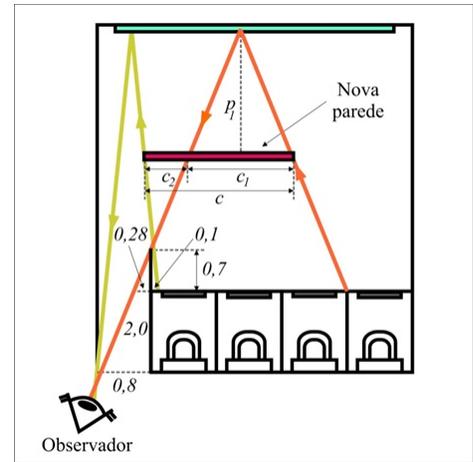


Figura 5: Diagrama geométrico para a proposta C.

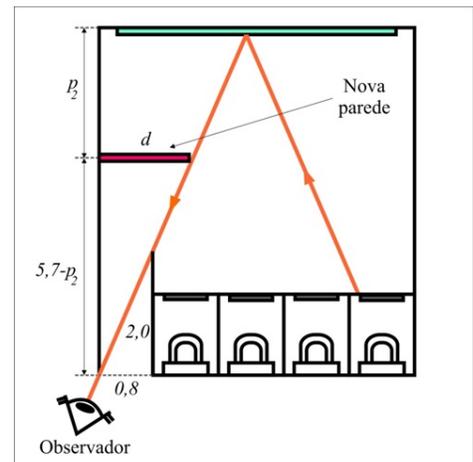


Figura 6: Diagrama geométrico para a proposta D.

2.4 Proposta D

Essa sugestão foi a mais frequente, sendo desenvolvida por 21 grupos. Assim como nas propostas B e C, haveria a necessidade de se construir uma nova parede, mas nessa situação, tal construção estaria perpendicular à parede esquerda do banheiro e paralela ao espelho (Figura 6).

Assim como as três anteriores, a proposta D se revela funcional. O comprimento da nova parede (d), entretanto, é dependente da distância da mesma até o espelho (p_2). Diversos grupos, ao elaborarem a proposta, nos perguntaram a que distância a parede deveria ficar do espelho; nesses casos, sugerimos o valor de 2,0 metros. Tal sugestão, acreditamos, facilitou para os alunos o cálculo do comprimento da nova parede, feito também por semelhança de triângulos. Em função de p_2 , o valor desse comprimento pode ser assim determinado:

$$\frac{0,8}{2,0} = \frac{d}{5,7 - p_2} \rightarrow d \approx 2,3 - 0,4p_2. \quad (7)$$

Logo, se a parede estiver a 2,0 metros do espelho (conforme nossa sugestão aos grupos que assim o questionaram), o comprimento da nova parede deve ser aproximadamente igual a 1,5m.

2.5 Proposta E

Essa sugestão foi delineada por cerca de um sexto dos participantes (14 grupos). No caso, a proposta seria construir um prolongamento da parede interna do banheiro, de forma perpendicular ao espelho, conforme a Figura 7 demonstra.

Essa solução, entretanto, não é funcional, como também pode ser percebido pela Figura 7, na qual é representada por uma linha tracejada a trajetória de um raio de luz, o qual permitiria ao observador ver uma imagem refletida de um dos gabinetes no espelho. A completa oclusão ao olhar só seria conseguida caso o prolongamento da parede avançasse até o espelho, o que impediria a entrada de pessoas no recinto sanitário.

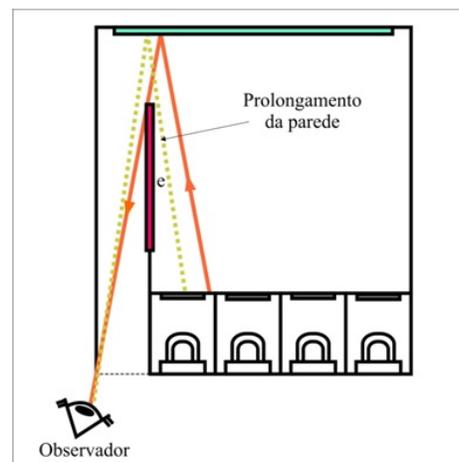


Figura 7: Diagrama geométrico para a proposta E.

2.6 Proposta F

Nesse caso, uma nova porta seria construída. A Figura 8 apresenta a situação. Essa solução foi desenvolvida por cinco grupos, os quais colocaram a porta em diversas posições nas duas paredes (esquerda e direita na planta) do banheiro. Dois outros grupos sugeriram colocar uma nova porta bem próxima à original, conforme representado na Figura 9.

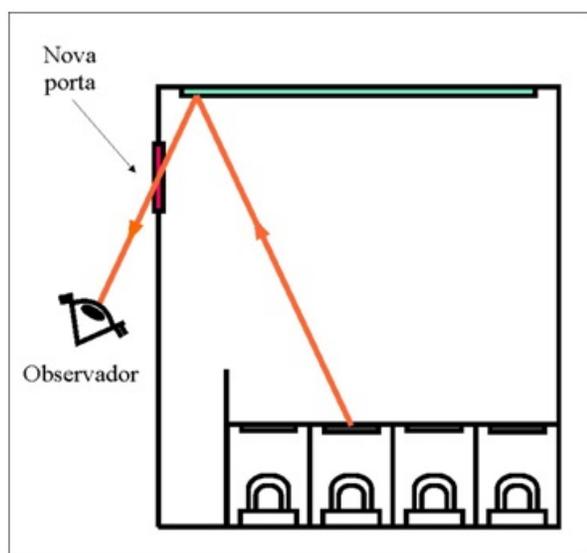


Figura 8: Diagrama geométrico para a proposta F.

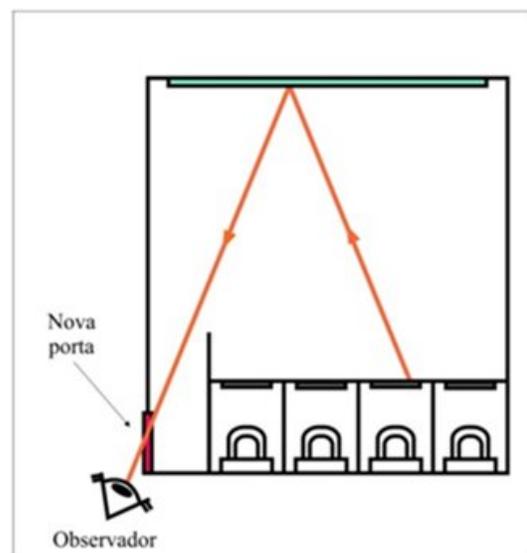


Figura 9: Outro diagrama para a proposta F.

Não há, entretanto, nenhuma posição onde tal abertura possa ser disposta que impeça por completo a observação das imagens refletidas. Em algumas situações, tais como na Figura 8, o resultado seria ainda pior, na medida em que o próprio gabinete poderia ser observado diretamente, dependendo da posição do observador. O mesmo pode ser dito sobre a posição de uma nova porta na parede à direita na planta. Essa opção, por fim, apresentaria ainda obstáculos logísticos que a tornariam inviável, na medida em que tais paredes são divisórias, ou seja, separam o banheiro de outros recintos do prédio.

2.7 Proposta G

Apenas dois grupos (pertencentes, inclusive, à mesma sala, resultado que nos leva a conjecturar que a sugestão teve na realidade um caráter unitário) sugeriram mover os gabinetes para uma nova posição dentro do recinto, conforme representado na Figura 10. Discutimos com os estudantes que a propuseram que tal opção, apesar de funcional em termos ópticos, seria bastante custosa e até mesmo inviável, dependendo do projeto das instalações sanitárias (água, luz, esgoto, etc.) na edificação.

Ademais, a implantação dessa proposta traria o inconveniente de diminuir o número de gabinetes disponíveis, obrigando também a uma redução no tamanho do espelho e da pia à sua frente.

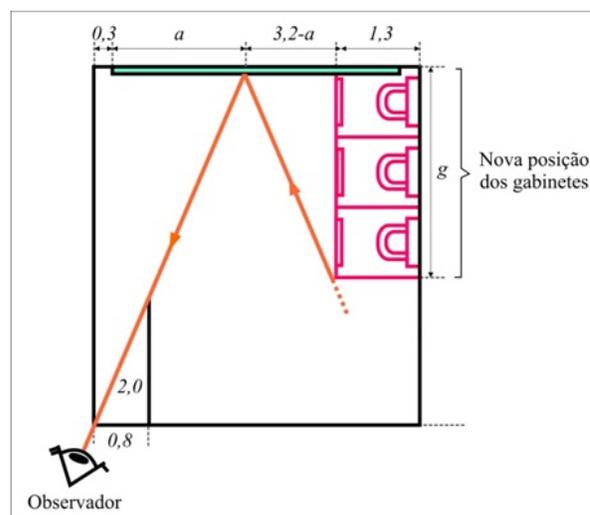


Figura 10: Diagrama geométrico para a proposta G.

Aceitamos, entretanto, a proposta dos estudantes, e pedimos que eles calculassem o valor de g , o qual representa o comprimento máximo que os gabinetes poderiam ocupar na sua nova posição. Tal cálculo depende do valor do comprimento a , da forma como determinado pela equação 1, e pode assim ser realizado:

$$\frac{0,8}{2,0} = \frac{3,2 - a}{g} \rightarrow g = 8 - 2,5a. \quad (8)$$

Supondo $a \approx 2,0m$, o valor de g seria aproximadamente igual a $3,0m$, delineando um espaço suficiente para a instalação de três gabinetes.

3 Considerações Finais

Na nossa percepção, a atividade teve forte impacto motivacional entre os alunos, mas demandou um grande esforço de nossa parte, na medida em que os grupos constantemente queriam checar conosco se suas propostas estavam corretas. A dificuldade na escolha dos raios de luz adequados e mesmo no traçado geométrico dos mesmos também foi uma constante, demandando permanente intervenção e supervisão de nossa parte para que fosse alcançada correção nos resultados numéricos e geométricos das propostas.

A natureza de um trabalho investigativo e de elaboração de alternativas de intervenção levou os alunos a se movimentarem bastante em sala (a atividade foi realizada no laboratório de física da instituição), discutindo e comparando suas propostas com as elaboradas por outros grupos. Acreditamos que esse fato (interação entre os estudantes) foi positivo em termos de aprendizagem; entretanto, em termos de metodologia de pesquisa, essa interação teve a consequência de limitar a reprodutividade quantitativa das frequências apresentadas na Tabela 1, na medida em que um grupo era capaz de influenciar – ou mesmo direcionar por completo - a proposta apresentada por outro. Assim, nas salas em que houve maior interação entre os diferentes grupos, a variedade de propostas foi menor (em uma das salas, apenas duas categorias de propostas estiveram presentes).

Percebemos também, após a atividade, que a mesma seria facilitada caso a planta disponibilizada para os alunos tivesse sido impressa em papel quadriculado ou milimetrado. Tal providência, a nosso ver, facilitaria tanto as medidas quanto o traçado geométrico dos raios de luz, além de permitir também o trabalho com o conceito de escalas de representação, útil em áreas diversas, como a arquitetura, o sensoriamento remoto e a cartografia.

Acreditamos ainda que a atividade desenvolvida, a partir de um tema simples e quiçá cotidiano, apresentou um diálogo com algumas características que Costa-Beber e Maldaner (2013) listam como próprias a esse eixo cognitivo, tais como: a crítica da realidade; a criação de novas soluções a partir de novas situações; o emaranhamento entre o conhecimento científico e outras dimensões do conhecimento (no caso em questão, ganhou destaque a dimensão econômica); e o envolvimento ativo do sujeito com projetos de natureza coletiva.

Por fim, cabe relatar um *post script* da atividade aqui relatada. Nossa intenção era levar as sugestões dos alunos até a direção da instituição escolar, a fim de dar divulgação do trabalho e também estimular que o problema fosse corrigido. Entretanto, antes que tivéssemos tempo hábil para tal, a área de manutenção

da escola instalou uma mola aérea na porta de entrada do banheiro, fazendo com que a mesma permaneça agora sempre fechada, mesmo que os usuários não se lembrem de cerrá-la ao adentrar o recinto.

Referências

- [1] CARDOZO, M. *Trabalho Necessário* 4(4), 1 (2006). Disponível em: <<http://www.uff.br/trabalhonecessario/images/TN04%20CARDOZO,%20M.J.P.B.pdf>> . Acesso em 23 fev., 2017.
- [2] COSTA-BEBER, L.; MALDANER, O. *Anais do XVI ENEQ/X EDUQUI*-ISSN 16, [s.p.] (2013). Disponível em <<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7130>> . Acesso em 23 fev., 2017.
- [3] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Matriz de referência ENEM* [On-line]. 2012. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf>. Acesso em 23 fev., 2017.
- [4] ORRICO, H. V *Congresso Brasileiro Multidisciplinar de Educação Especial* 5, 716 (2009). Disponível em: <<http://www.uel.br/eventos/congressomultidisciplinar/pages/arquivos/anais/2009/087.pdf>>. Acesso em 23 fev., 2017.
- [5] VEIGA-NETO, A. *A ordem das disciplinas*. Porto Alegre – RS. 336p. Tese de Doutorado (Educação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 1996. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/131158>>. Acesso em 23 fev., 2017.