

UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS ALTERNATIVOS COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO SECUNDÁRIO EM MOÇAMBIQUE

Use of alternative experiments as a methodology for teaching geometric optics in secondary education in Mozambique

Abdias Mário (marioabdias07@gmail.com)

António Gonçalves Fortes (antoniogoncalves.fortes@yahoo.com)

Momade Jaime Chau (mchau@unirovuma.ac.mz)

Universidade Rovuma, Faculdade de Ciências Naturais e Matemática

Avenida Josina Machel n° 256. Caixa Postal 544, cidade de Nampula, Moçambique

Recebido em: 06/12/2020

Aceito em: 18/04/2020

Resumo

O presente estudo trouxe discussões sobre as abordagens tradicionais e alternativas no estudo da óptica geométrica, com objetivo de melhorar a compreensão do fenômeno de refração da luz nos alunos da Escola Secundária de Muatala (ESM), cidade de Nampula, a partir de experimentos alternativos. A pesquisa foi experimental, apoiando-se nas técnicas de observação direta, questionário para 120 alunos e entrevista para 2 professores de Física. Constatou-se que o laboratório de Física na ESM é usado como sala de aula tradicional e que os professores de Física da 9ª classe não utilizam experimentos no estudo da óptica geométrica. Conclui-se que a aprendizagem do fenômeno de ópticos a partir de experimentos ajuda na motivação e na compreensão dos fenômenos ópticos do cotidiano, tornando os alunos mais ativos e autores da própria aprendizagem.

Palavras-chave: Óptica; Refração da luz; Atividade experimental; Experimentos alternativos.

Abstract

The present study brought discussions about traditional and alternative approaches to the study of geometric optics, with the aim of improving the understanding of the phenomenon of light refraction in students of the Muatala Secondary School (ESM), city of Nampula, from alternative experiments. The research was experimental, based on the techniques of direct observation, a questionnaire for 120 students and an interview for 2 Physics teachers. It was found that the Physics laboratory at ESM is used as a traditional classroom and the 9th grade physics teachers do not use experiments in the study of geometric optics. Concludes that the learning of the phenomenon of optics from experiments helps in motivating and understanding everyday optical phenomena, making students more active and authors of their own learning.

Keywords: Optics; Refraction of light; Experimental activity; Alternative experiments.

INTRODUÇÃO

A Física é uma das ciências que estuda os fenômenos da natureza, que dentre outras coisas, explica e descreve o mundo em que vivemos. O estudo da óptica geométrica no ensino secundário geral (ESG, equivalente ao Ensino Fundamental II no Brasil), permite-nos compreender as minudências de um dos sentidos primordiais do corpo humano, a visão, baseando-se na análise das características dos fenômenos ópticos, como a refração da luz, assim como as suas propriedades (Nunes, 2015; Silva & Duarte, 2018).

Experimentos laboratoriais podem ser realizados a partir de materiais convencionais ou alternativos (substitutivos). A utilização de materiais alternativos, de baixo custo e fácil acesso, na realização de experiências e demonstrações têm um papel ético e sustentável, auxiliando no desenvolvimento de competências para produção de conhecimento científico e na mediação do processo de ensino-aprendizagem (PEA) (Nunes, 2015).

Atualmente, as metodologias de ensino consideradas tradicionais deixaram de surtir o efeito desejado para o ESG, apresentando-se mais como mecanismos de transmissão e repetição de conteúdo do que parte significativa na construção da aprendizagem dos estudantes. No ensino de Física, a problemática torna-se ainda mais agravante, uma vez que a maioria das temáticas sugeridas para esse nível de escolaridade faz-se demasiadamente abstrata, seja na apresentação de conceitos como na problematização matemática de fenômenos diversos (Peixoto, 2020).

Ao buscar alternativas didáticas/metodológicas para as práticas tradicionais, pautadas por ações conteudistas em sala de aula, deparamo-nos com as chamadas metodologias ativas. Estas metodologias são diversificadas, em que o professor, no ambiente escolar, deixa de agir como centro das atenções e passa a desenvolver um papel de mediador/curador da aprendizagem de seus alunos (Peixoto, 2020), ou seja, as metodologias ativas “*são pontos de partida para avançar para processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas*” (Morán, 2015, p. 18).

Por isso, ter um laboratório escolar, por si só, não é garantia de aprendizagem. Para tal, é necessário que estes estejam equipados num espaço adequado, capaz de acomodar o número significativo de alunos, bem como, a motivação do professor e capacitação destes, sobre metodologias para uso dos equipamentos convencionais e alternativos (Nunes, 2015).

As práticas experimentais utilizadas neste estudo visam nortear o professor de Física do ESG na condução de aulas experimentais sobre o fenômeno da refração da luz (unidade de óptica geométrica), com finalidade de promover uma maior interação entre professor–aluno e aluno–aluno no PEA. Outro aspecto relevante a mencionar sobre os experimentos é a:

- Segurança, uso de materiais atóxicos, não explosivos e não cortantes;
- Economia, utilização dos materiais alternativos, de fácil acesso, recicláveis e baixo custo, para demonstração de diversos fenômenos ópticos;
- Reprodução, fácil repetir os experimentos em diversos ambientes, e;
- Facilidade na montagem e desmontagem dos esquemas experimentais.

Posto isto, o objetivo do estudo é o de melhorar a compreensão do fenômeno de refração da luz nos alunos da 9ª classe (equivalente ao 8º ano do Ensino Fundamental II no Brasil), através de atividades experimentais, para além de construir roteiros experimentais que possam auxiliar professores da 9ª classe da Escola Secundária de Muatala (ESM) e do ESG em Moçambique, na realização das aulas experimentais de óptica geométrica, com ênfase no fenômeno de refração da luz.

O que torna interessante o estudo é o fato de tornar os alunos, agentes ativos da sua própria aprendizagem, com mediação passiva do professor, onde os conceitos e os fenômenos físicos são

demonstrados experimentalmente, usando-se objetos do cotidiano dos alunos. Os resultados da pesquisa podem ser usados em diversas funções didáticas nas aulas de óptica geométrica, como tema transversal e multidisciplinar em diversos domínios das ciências.

RESUMO DE LITERATURA

Ensino de Física em Moçambique – Breve reflexão

Desde a independência nacional, em 1975, que o ensino de Física no ESG vem enfrentando uma série de transformações, que naturalmente, originam dificuldades e superações. De um lado, ainda há a problemática da superlotação nas salas de aula, baixa carga horária semanal e excessivas turmas por professor, insuficiência de materiais didáticos e laboratoriais, falta ou incapacidade dos laboratórios e a falta de capacitação dos professores. Por outro lado, nas últimas duas décadas, houve um aumento de professores de Física com formação psicopedagógica, inclusão de atividades práticas e demonstrativas na matriz curricular, realização de feiras de ciências e outras atividades curriculares e extracurriculares que dinamizam o PEA. Numa outra abordagem, Gomes (2007) descreve que, os alunos reclamam regularmente que a matéria é chata, difícil, sem significado, com muitas fórmulas e exigências de cálculos matemáticos.

O sistema de ensino de Física em Moçambique tem muitos problemas, alguns dos quais têm raízes históricas e tradicionais como por exemplo: A influência educacional sobre os alunos do ambiente extraescolar, onde predominam explicações de fenômenos naturais não científicas (tradicionais); Os alunos estudam Ciências na língua portuguesa que não é a sua língua materna, com uma estrutura semântica bastante diferente do das línguas bantu¹; Muitos conceitos físicos não são congruentes entre essas duas línguas o que provoca dificuldades especiais para as crianças; A ausência de quadros nacionais moçambicanos na área de Física, depois da independência, devido à orientação principal do ensino secundário na época colonial para os filhos dos colonos e sua ministração por docentes portugueses (Popov, 1993, p. 6).

Popov (1993), ainda argumenta que o ensino de física moçambicano, é reduzido, muitas vezes, ao "despejo" de fórmulas e teorias por parte dos professores e à memorização por parte dos alunos. A aquisição de conhecimentos teóricos e sem qualquer ligação com a prática significa que esses são "receptores passivos" (não são aplicáveis). Este fato é uma das razões principais porque os alunos saem da escola com deficiências profundas na sua formação em ciências naturais, com conhecimentos superficiais e só raramente aplicáveis.

Tradicionalmente, a disciplina de Física apresenta seu enfoque fundamentando-se em aspectos essencialmente teóricos. Isso pode ser verificado mediante a análise dos livros didáticos de Física utilizados nas escolas moçambicanas, os quais se concentram basicamente em conceitos matemáticos e exercícios de fixação (Grasselli & Gardelli, 2014).

Aprendizagem ativa no ensino de Física

O termo "aprendizagem ativa" é originário do Inglês R.W. Revans com o objetivo de promover um método educativo, oportunizando crianças a se desenvolverem para uma educação

¹ As Línguas Bantu são um ramo da família linguística Nigero-Congolesa, falados pelos povos Bantu na África Subsaariana. O número total destas línguas varia de 440 a 680, dependendo da definição de Língua versus Dialeto. As 43 línguas de Moçambique são todas de origem bantu, com exceção do português, que é a língua oficial. Fonte: http://www.catedraportugues.uem.mz/lib/docs/lusofonia_em_mocambique.pdf, acesso em 16/04/2021.

integral (Weltman, 2007). Não existe na literatura uma origem clara de quem foi o inventor desta prática, mas é notório pela historicidade da educação a maturação e profundidade de práticas que foram desenvolvendo-se até chegar nesta premissa educativa, em modo singular, que “*não existe uma definição única e definitiva de aprendizagem ativa*”. Por outro lado, os princípios da aprendizagem ativa, evidenciada pela Escola Nova, evoluíram a partir da segunda metade do século XX e que seu “*objetivo era de formar os estudantes para uma vida mais democrática*” (Rückl & Vosgerau, 2017; Weltman, 2007).

As metodologias ativas de aprendizagem são compreendidas como metodologias pedagógicas inovadoras que proporcionam ambientes de aprendizagem onde o estudante participa ativamente como sujeito protagonista da sua aprendizagem, buscando sempre o desenvolvimento da autonomia e da responsabilidade dentro deste processo (Rodrigues & Lemos, 2019). Neste sentido, a aprendizagem efetivamente ocorre quando o estudante reconhece como importante o objeto de estudo, interage com os pares de diversas formas: prestando a atenção enquanto ouve; falando e incentivando; perguntando e esclarecendo dúvidas durante o processo; discutindo e emitindo sua opinião; fazendo e participando do processo de construção do conhecimento de maneira coletiva; ou ensinando e discutindo com os colegas aquilo que foi compreendido. Dessa forma, é constantemente estimulado a participar do processo de construção do conhecimento ao invés de apenas recebê-lo da figura do professor o conhecimento pronto e acabado (Rodrigues & Lemos, 2019; Rückl & Vosgerau, 2017; Weltman, 2007).

Um dos princípios da aprendizagem ativa é promover a interação entre os estudantes com o propósito de resultar em uma aprendizagem participativa e significativa, dentro e fora de sala de aula (Fig. 1), como é o caso da aprendizagem cooperativa e aprendizagem colaborativa, assim como as técnicas de aprendizagem PBL (*Problem Based Learning* e *Project Based Learning*), *Peer Instruction* ou aprendizagem por pares, *Flipped Classroom* ou sala de aula invertida, Ensino Híbrido, que salientam uma abordagem pedagógica a partir do uso das TICs e materiais de suporte online como os blogs, redes sociais, jogos interativos e os vídeos *games* (Rückl & Vosgerau, 2017).

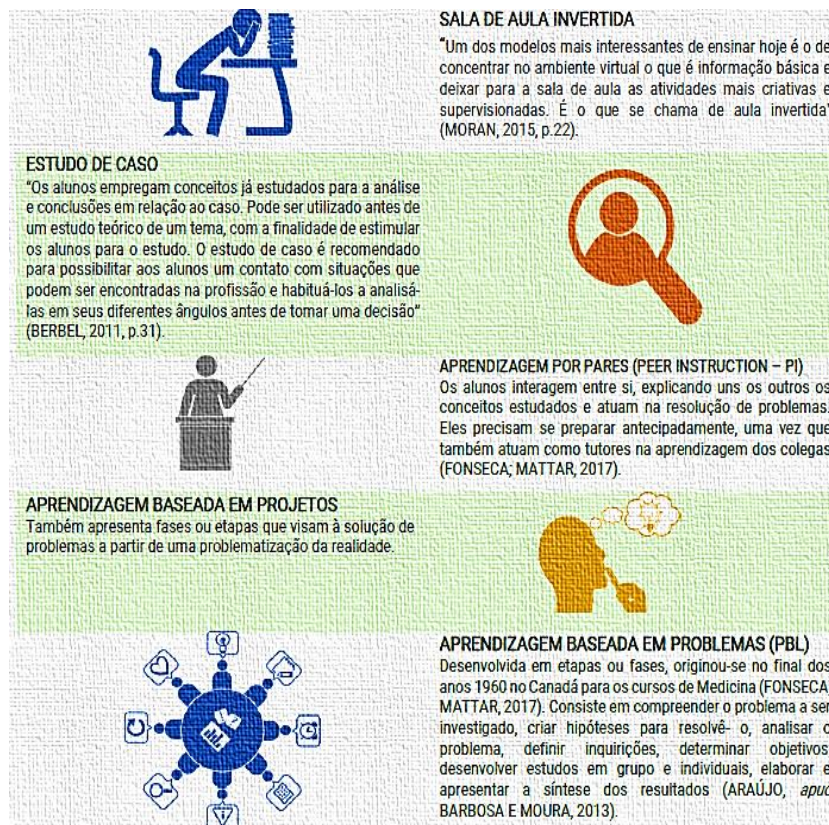


Figura 1. Infográfico/Metodologias ativas. Fonte: (Teixeira, 2018, p. 50-51).

Experiências nas aulas de Física

No cômputo geral, as atividades experimentais estão presentes no ensino de Física desde a sua origem e são estratégias de ensino fundamental (Morais & Poletto, 2014). As dificuldades e problemas que afetam o ESG e particularmente o ensino de Física não são recentes e têm sido diagnosticados a muitos anos, levando diferentes grupos de estudiosos e pesquisadores a refletirem sobre suas causas e consequências.

Dentre as metodologias e ferramentas utilizadas pelos professores para a educação efetiva da Física podem ser citadas a prática de experimentações como um dispositivo que retém o interesse e gera o estímulo para a aprendizagem mediante a observação, análise, exploração, planejamento e o levantamento de hipóteses que possibilitam aos alunos desenvolver suas habilidades, tornando-a mais significativa pelo estabelecimento de vínculos entre conceitos físicos e fenômenos naturais vivenciados (Grasselli & Gardelli, 2014, p. 17).

Para Silva e Duarte (2018) é por meio dos experimentos que as ciências encantam e aguçam o interesse das pessoas. O uso de experimento em sala proporciona aos alunos a comprovação da origem de diferentes possibilidades de aprendizagem na disciplina a ser ministrada, despertando assim no estudante a participação e a curiosidade.

O ensino por meio da experimentação é uma necessidade no âmbito das ciências naturais. Ocorre que podemos perder o sentido da construção científica se não relacionarmos experimentação, construção de teorias e realidade socioeconômica e se não valorizarmos a relação entre teoria e experimentação, pois ela é o próprio cerne do processo científico (Morais & Poletto, 2014, p. 4).

Ademais, Viveiro e Campos (2014, p. 225) consideram que o uso da experimentação em sala de aula, permite exceder a concepção empirista e, por outro lado, relaciona o conteúdo a ser estudado com os conhecimentos prévios dos alunos. A atividade compõe um dos aspectos-chave do PEA, pois apresenta aos mesmos uma oportunidade de desenvolvimento cognitivo, onde poderá observar e relacionar o fenômeno apresentado.

Ao elaborar e utilizar atividades experimentais em sala de aula, o professor deve explorar o novo e o lúdico, com vista a despertar a atenção dos alunos (Souza *et al.*, 2019). Mas é necessário que essas atividades não sejam trabalhadas como meras receitas, nas quais os alunos recebem um roteiro para seguir e chegar ao resultado esperado pelo professor. Para haver participação efetiva, essas práticas devem proporcionar discussões, interpretações e coadunar com os conteúdos da classe (Morais & Poletto, 2014).

Assim, o ensino de Física deve estar relacionado ao cotidiano do aluno e voltado para a quebra do paradigma de que a disciplina é de difícil compreensão, fazendo com que o professor crie estratégias didáticas que formalize o ensino, incentive a participação do aluno e promova a obtenção de novos conhecimentos (Silva & Duarte, 2018).

Experiências na óptica geométrica – reflexão da luz

A óptica geométrica é o ramo da Física que estuda os fenômenos luminosos. No estudo dos fenômenos ópticos, a abordagem sobre a luz é essencial, visto que, por meio dele, se discute desde a formação de imagens e problemas que podem ocorrer com a visão, até as características de propagação das ondas eletromagnéticas (Souza *et al.*, 2019).

A refração da luz ocorre quando a luz atravessa a interface entre dois meios ópticos com diferentes índices de refração (Fig. 2), modificando-se a velocidade e a direção original do feixe de luz (Ribeiro & Verdeaux, 2013). Se a luz se propagar num meio heterogêneo, a sua velocidade de propagação não será constante, originando um processo de refração contínua. Se a incidência da luz

for oblíqua, a refração é acompanhada de mudança de direção, o que não ocorre se a incidência for perpendicular (Nicolau & Toledo, 1998; Ribeiro & Verdeaux, 2013).

Consideremos um raio incidente (Fig. 2) de luz propagando-se de um meio de índice de refração n_1 (ar) para outro, com maior índice de refração, n_2 (água). Devido à refração na interface dos meios, o raio incidente (i) dá origem a um raio refratado (RR) que se propaga no segundo meio. O RR forma com a normal um ângulo \hat{r} , denominado ângulo de refração.

- Se $n_1 < n_2$, o ângulo de incidência (\hat{i}) será maior que o ângulo de refração (\hat{r});
- Se $n_1 > n_2$, o, o ângulo de incidência (\hat{i}) será menor que o ângulo de refração (\hat{r});
- Se $n_1 = n_2$, o, o ângulo de incidência (\hat{i}) será igual ao ângulo de refração (\hat{r}).

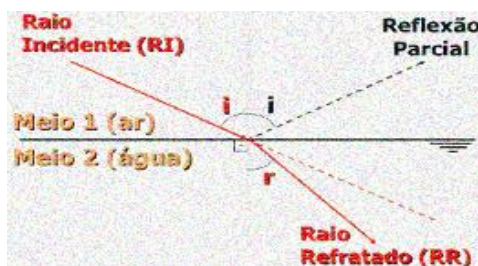


Figura 2. Elementos gráficos na propagação da luz entre dois meios transparentes (ar e água) com índices de refração diferentes. Fonte Nicolau & Toledo (1998, p. 81).

A refração da luz é regida por duas leis (Ribeiro & Verdeaux, 2013):

- 1ª lei: O raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície de separação dos dois meios pertencem ao mesmo plano.
- 2ª lei ou Lei de Snell-Descartes: Os ângulos de incidência e de refração satisfazem a condição: $n_1 \text{sen}(\hat{i}) = n_2 \text{sen}(\hat{r})$.

De acordo com Nicolau e Toledo (1998), a velocidade de propagação da luz no vácuo é diferente da velocidade de propagação da luz no ar e em outros meios. Essa diferença é descrita pela grandeza física denominada índice de refração (n), caracterizada pela razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no referido meio (v): $n = c/v$. O índice de refração é adimensional e maior que a unidade, visto que $c > v$.

Deste modo, para incidências oblíquas e quando a luz atravessa do meio menos refringente para o mais refringente, o raio luminoso aproxima-se da reta normal. Podemos, também, escrever a lei de Snell-Descartes na forma: $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\text{sen}(\hat{i})}{\text{sen}(\hat{r})}$, onde n_{21} é o índice de refração relativo do meio 2 em relação ao meio 1.

METODOLOGIA

A priori fez-se a pesquisa bibliográfica, que consistiu na recolha de informações existentes em diversas obras literárias, artigos científicos, monografias, dissertações e teses, que abordam temas sobre experiências de óptica geométrica nas aulas de Física do ESG.

Em seguida, observou-se o ambiente físico da escola, as formas de utilização do laboratório de Física e o plano de aulas práticas sobre óptica geométrica.

Depois, procederam-se entrevistas e questionários dirigidos aos professores e alunos da 9ª classe da ESM, respectivamente, com objetivo de colher informações sobre o nível de conhecimentos

sobre a importância da atividade experimental nas aulas de Física, as formas como são conduzidas as atividades experimentais-demonstrativas e a respectiva frequência.

Aplicou o método experimental para ilustrar o fenômeno de refração de luz. Realizou-se três (3) experiências demonstrativas, de modo que os alunos interagem nelas, executam as tarefas sugeridas, em grupo e extraíram suas próprias conclusões através dos fenômenos observados e demonstrados. As experiências tinham como objetivo facilitar a compreensão do fenômeno da refração da luz observada no cotidiano. O material² utilizado na experimentação foram:

- 1 lápis de desenho comum (HB), que servirá de modelo de um feixe de luz;
- 1 copo de vidro de 250 ml, transparentes e lisos;
- 1 copo translúcido de 150 ml;
- 1 litro de água limpa e incolor;
- Uma moeda de 5 meticais que servirá de imagem formada na refração;
- Meio litro de óleo de cozinha não utilizado, que servirá como terceiro meio de propagação da luz para além do ar e da água.

A amostra do estudo foi composta por 2 professores, que lecionam a 9ª classe na ESM e 24 grupos de 5 alunos, num universo de 120 estudantes correspondentes a 2 turmas da 9ª classe.

RESULTADOS E ANÁLISES

A área em estudo abrange a ESM, localizada no bairro de Mutauanha, posto administrativo de Muatala, no extremo Oeste da cidade de Nampula, a cerca de 100 m da subestação da Eletricidade de Moçambique.

Na tabela 1 encontra-se, de forma resumida, os principais elementos observados na ESM:

Tabela 1 – Elementos observados na ESM – cidade de Nampula.

Elementos observados	Presente	Ausente
Existe um laboratório de Física ou multidisciplinar.	X	
Existência de materiais para experiências sobre óptica geométrica e refração da luz.	X	
Existência de local para conservação dos materiais convencionais e os produzidos nas oficinas pedagógicas, de exposições científicas.	X	
Agenda das aulas trimestrais no laboratório de física.		X
Agenda das aulas trimestrais para o capítulo da óptica geométrica.		X
Agenda das aulas trimestrais para o fenômeno da refração da luz.		X

Dados da Tabela 1 mostram que os professores de Física da 9ª classe da ESM não possuem planos para o uso do laboratório para as suas aulas, apesar de Viveiro e Campos (2014) e Souza *et al.* (2019) comprovarem que as experiências laboratoriais são recursos didáticos que leva a uma melhoria nos índices de aprendizagem dos alunos, os motiva e melhora o relacionamento, tanto entre os colegas de turma, como estes com os professores.

² Nota: os materiais descritos acima podem ser encontrados no mercado a preços que variam de 5 a 50 meticais cada. Metical é a moeda oficial de Moçambique. Sendo 1 real brasileiro (BRL) equivalente a 11,06 Meticais (MTn). Fonte: http://www.bancomoc.mz/fm_mercadosmmi.aspx?id=10, acesso em 16/04/2021.

Com base nas observações da ESM, nota-se a existência de laboratório de Física (Fig. 3A), com kits de materiais convencionais de óptica geométrica sobre: reflexão da luz; princípios de propagação de luz; refração da luz; obtenção de imagens em espelhos planos e côncavos (Fig. 3C).

Existem equipamentos para realização de experiências ou demonstrações para cada unidade didática da disciplina de Física (Fig. 3B). Nele existe uma separação entre os materiais convencionais (Fig. 3C) e os alternativos (Fig. 3D), estes últimos, produzidos nas oficinas pedagógicas e para participação em feiras de ciências ou outros eventos científicos regionais.



Figura 3. Laboratório de Física da ESM. A: sala para experimentação no laboratório de Física, usada como sala de aula tradicional; B: Prateleiras para conservação dos materiais convencionais; C: kit de material para experiências de óptica geométrica; D: Material alternativo produzido nas oficinas pedagógicas.

Ocultou-se os nomes dos professores e identificamos apenas como P1 e P2, os professores 1 e 2, respectivamente. A entrevista aos professores forneceu as seguintes respostas (Tabela 2).

Tabela 2: Respostas da entrevista direcionada aos professores da ESM.

Questões	P1	P2
Tem formação psicopedagógica (equivalente a licenciatura no Brasil)?	Sim	Sim
Tem formação em Ensino de Física?	Sim	Não
Você já realizou alguma atividade experimental de Física sobre refração em suas aulas?	Sim	Não
A escola realiza oficinas pedagógicas para produção de materiais didáticos sobre óptica geométrica?	Sim	Não
O laboratório da sua escola tem materiais para experiências sobre óptica geométrica e refração da luz?	Sim	Sim
Você saberia elaborar um guião de uma atividade experimental sobre temas de Física?	Sim	Sim

A partir dos dados da Tabela 2 pode-se afirmar que os dois professores têm formação psicopedagógica, mas o P2 não tem formação específica em Ensino de Física. Este fator pode contribuir para a não utilização de atividades experimentais nas suas aulas, para além de não produzir materiais alternativos ou participar em oficinas pedagógicas. Quanto à produção de materiais didáticos alternativos nas oficinas pedagógicas, consta que a escola realiza regularmente estas oficinas, apesar dos participantes terem fraco interesse em temas sobre óptica geométrica, o que colabora para a não existência de materiais alternativos específicos sobre a óptica geométrica.

De acordo com a tabela 2, item 6, os professores têm conhecimento sobre a elaboração de guias de experiências para as aulas experimentais e demonstrativas de Física, consistindo na seguinte sequência:

- P1: material; fichas; procedimentos; realização da experiência; análise; e relatório.
- P2: tema; material do experimento; realização do experimento; fundamentação teórica; análise de dados; conclusão; e avaliação.

Sobre o modo como a atividade experimental poderia contribuir com o PEA do fenômeno da refração da luz, os professores afirmaram que:

- P1: ajuda na compreensão da matéria em questão, para além de ser um meio de aquisição de conhecimento, a qual auxiliamos a teoria e a prática;
- P2: as atividades experimentais em sala de aula trariam uma melhor ligação do conhecimento teórico, além de proporcionar consistência na aprendizagem, aulas mais dinâmicas e permitir uma geração de alunos mais interativos.

O questionário aos alunos forneceu diversas variáveis (Tabela 3). A primeira questão versava sobre a participação dos alunos em alguma atividade experimental sobre óptica geométrica e, exigia respostas de sim ou não.

Tabela 3: Dados extraídos dos questionários com os alunos.

Questões	Sim	Não
Você já participou de alguma atividade experimental sobre refração da luz (óptica geométrica) nas aulas de Física?	6%	94%
Você gostaria de participar de aulas experimentais sobre refração da luz?	96%	4%
Você já fez alguma atividade experimental relacionada à óptica geométrica, fora da escola (individual ou em grupo)?	0%	100%
Você acha que os conceitos físicos sobre refração da luz têm alguma aplicação prática no seu cotidiano?	32%	68%
Seu professor de Física já levou a turma para aulas de campo?	23%	77%

Dados da Tabela 3 mostram que 94% dos alunos nunca participaram de alguma atividade experimental sobre óptica geométrica (refração da luz). Apesar disso, houve muito interesse dos alunos em querer participar de atividades experimentais, pois estas atividades tornam o aluno mais ativo na aula e facilitam a compreensão dos fenômenos observados. Ainda a Tabela 3 mostra que 68% dos alunos acreditam que os conceitos físicos sobre refração da luz não têm alguma aplicação prática em seu cotidiano.

Na posse de informações iniciais obtidas pelas entrevistas e questionários, foi-se à sala de aula, nas turmas 2 e 8 da 9ª classe, da ESM a fim de dar oportunidade aos alunos de terem uma alternativa didática em relação às aulas tradicionais sobre o fenômeno da refração da luz.

Antes da observação dos fenômenos, os investigadores e os professores das classes, fizeram uma explanação sumarizada sobre as principais teorias do tema, o fenômeno da refração da luz, as leis que regem a ocorrência do fenômeno e algumas aplicações, com objetivo de familiarizar os alunos com os conceitos e termos a serem usados na descrição das experiências e demonstrações.

Primeiro (Fig. 4) observou-se o efeito de quebra aparente do lápis (modelo de raio luminoso) aquando da introdução num copo transparente, quase cheio de água (meio 1) e outra porção preenchida naturalmente pelo ar atmosférico (meio 2), demonstrando-se experimentalmente, o fenômeno da refração da luz.

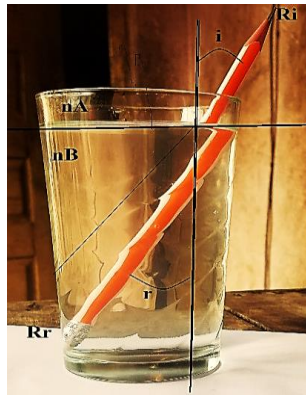


Figura 4. Experiência 1: observação do fenômeno de refração da luz quando o modelo de raio luminoso (lápiz) passa do meio 1 (água) para o meio 2 (ar atmosférico).

A atividade mostrada na Figura 4 suscitou debates nas turmas sobre o fenômeno da refração visualizada pela quebra aparente do lápis quando este atravessa a superfície de separação de dois meios homogêneos de índices de refração diferentes e sobre o conceito e as formas de ocorrência da refração da luz na natureza. As respostas do debate foram agrupadas na tabela 4, associando-se a frequência das respostas dos grupos de estudo.

Tabela 4: Resposta dos alunos sobre a 1ª atividade experimental.

Nº	Pergunta	Resposta	Fr.
1	O que acontece quando o lápis é colocado num copo quase cheio de água?	1. Quando o feixe de luz é colocado dentro do copo de água, o lápis parece que está partido.	4
		2. O lápis encontra-se quebrado ou partido dentro do copo de água.	11
		3. O lápis quebra-se dentro do copo com água.	4
		4. O lápis parece que está partido ou quebrado dentro do copo de água.	7
2	O que é refração? Como ela ocorre?	1. Refração é a mudança da velocidade quando a luz passa de um meio para outro sofrendo um desvio. Isso ocorre porque a luz anda mais depressa no ar do que dentro da água.	3
		2. Refração é a mudança da velocidade quando a luz passa de um meio para outro sofrendo um desvio. A refração ocorre quando o feixe de luz é incidido numa superfície de separação entre diferentes meios.	4
		3. A refração ocorre quando o lápis é colocado dentro do copo com água, se desviando no copo.	5
		4. A refração ocorre quando o feixe de luz é incidido numa superfície de separação entre diferentes meios: ar e água.	5
		5. Refração é o desvio da luz quando passa de um meio para outro. Isso ocorre porque a luz anda mais depressa no ar do que dentro da água.	4
		6. Refração é o desvio do feixe de luz (o lápis) quando passa do ar para a água.	3

A Tabela 4 mostra que os 24 grupos observaram o efeito de quebra aparente do lápis na superfície de separação de dois meios: a água e o ar atmosférico. A quebra aparente do lápis é causada pela mudança da velocidade de propagação da luz nos dois meios. Esses resultados mostram que os alunos conseguiram interpretar, a partir de experimentos simples, os conceitos envolvidos na descrição física do fenômeno da refração da luz.

Na segunda experiência (Fig. 5) fez-se análise do comportamento do raio luminoso na superfície de separação de três meios, sendo dois líquidos imiscíveis, o óleo e a água. Nesta, parece que o lápis (modelo de raio luminoso) esteja duplamente quebrado, nas superfícies de separação entre o ar atmosférico e o óleo (maior desvio), e do óleo e a água (menor desvio), fazendo, deste modo, uma curva, quando a incidência for oblíqua (Fig. 5A), não se observando o efeito quando a incidência for perpendicular à superfície de separação (Fig. 5B). Este fenômeno indica que a refração não é

desvio real, mas sim efeito da mudança de velocidade de propagação da luz de um meio para outro, quando o raio incidente é perpendicular à superfície de separação dos líquidos.



Figura 5. Experiência 2: análise do índice de refração em três meios diferentes, o ar, o óleo e a água, com: A: incidência oblíqua. B: Incidência perpendicularmente à superfície.

Na atividade mostrada na figura 5, A e B, devia-se debater sobre o comportamento da luz ao atravessar duas superfícies de separação de três meios homogêneos de índices de refração diferentes; em relação ao fenômeno observado, qual dos meios têm maior índice de refração; explicar a lei de Snell-Descartes; e o que acontece quando variar o ângulo de incidência. As respostas e respectivas frequências foram agrupadas na tabela 5.

Tabela 5: Respostas dos alunos sobre índices e leis da refração da luz

Nº	Pergunta	Resposta	Fr.
1	O que se observa quando o lápis passa pelo ar, óleo e na água?	1. Observa-se que o feixe de luz faz curvas.	6
		2. O feixe de luz parte-se ao passar no óleo e na água.	4
		3. No óleo o lápis parece que se quebra e quando chega na água parece que se quebra novamente.	7
		4. O lápis parece estar mais partido no óleo que na água, fica a parecer que está a fazer uma curva.	7
2	Qual material tem maior índice de refração?	1. A água tem índice de refração maior que o ar e menor índice de refração que o óleo.	2
		2. O índice de refração do óleo é maior.	5
		3. A água tem maior índice de refração.	4
		4. O índice de refração do óleo é maior que o ar e a água.	7
		5. O índice de refração da água é maior que o ar.	2
		6. O óleo e a água têm maior índice de refração.	4
3	Explique o que é, e como calcular o índice de refração?	1. Índice de refração é a relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade do meio em questão. $n = c/v$.	6
		2. Índice de refração é a relação entre a velocidade da luz e a velocidade do meio em questão. Calcula-se com base na seguinte expressão matemática $n = c/v$.	8
		3. Explicando o índice de refração considera-se a relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade do meio. Para calcular usamos a equação matemática $n = c/v$ onde: c é a velocidade do vácuo e v é a velocidade do meio considerado.	10
4	Explicar as leis da refração, com base no experimento.	1. Ao introduzir o lápis num copo contendo água e óleo, observa-se que o lápis se desvia da normal e o raio incidente e o raio refratado encontram-se situados no mesmo plano.	10
		2. Ao colocar o lápis no copo contendo água e óleo, observa-se que os raios de incidência de refração encontram-se situados no mesmo plano.	14

5	Explicar a lei de Snell-Descartes.	Explicando a lei de Snell percebemos que essa lei é uma descrição matemática que descreve como ocorre desvio da luz quando sai de um meio para outro relacionando os índices de refração e de incidência.	24
6	O que ocorre quando se aumenta o \hat{i} ?	Aumentando o ângulo de incidência verificamos que também o ângulo refratado aumenta.	24
7	Se o \hat{i} for zero, o que ocorre?	1. O feixe de luz (lápis) não se desvia da sua trajetória.	6
		2. O feixe de luz não se desvia da sua trajetória, permanecendo reto.	6
		3. O feixe não se desvia da sua trajetória.	12

A tabela 5 mostra que os alunos notaram que o modelo de feixe luminoso quando passa do ar para o óleo, parece que se quebra, e quando alcança a água parece que se quebra novamente. Esta descrição mostra que os alunos conseguiram interpretar a dupla refração causada pela mudança sucessiva de velocidades de propagação da luz nos respectivos meios.

Ainda, a tabela 5 mostra que os alunos afirmam que o índice de refração do óleo ($n=1,46$) é maior que o da água ($n=1,33$), e estes dois maior que do ar ($n=1,0003$). Porém, alguns grupos tiveram dificuldade em identificar os materiais com maior e menor índice de refração. Essa dificuldade pode ter origem na percepção da densidade dos fluidos, visto que, a água (1000 kg/m^3) tem maior densidade que o óleo (912 kg/m^3) e ar ($1,23 \text{ kg/m}^3$), para além da luz ter maior velocidade de propagação no ar ($2,99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), que na água ($2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$) e óleo ($2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), descartando-se o fato de que, quanto maior for a velocidade da luz no meio, menor será o índice de refração nesse meio e vice-versa.

E, quando a incidência foi perpendicular à superfície do líquido ou o ângulo de incidência (\hat{i}) foi igual a zero, não se observa desvio na trajetória do feixe de luz (lápis).

Conforme as orientações, os alunos colocavam uma moeda dentro do copo vazio, colocado sobre a mesa (Fig. 6). Pedia-se que, de forma cíclica, cada aluno observasse o afastamento da moeda no interior do copo, quando se adicionava gradualmente água, até o topo. E no final, os alunos anotavam e explicavam o fenômeno observado.

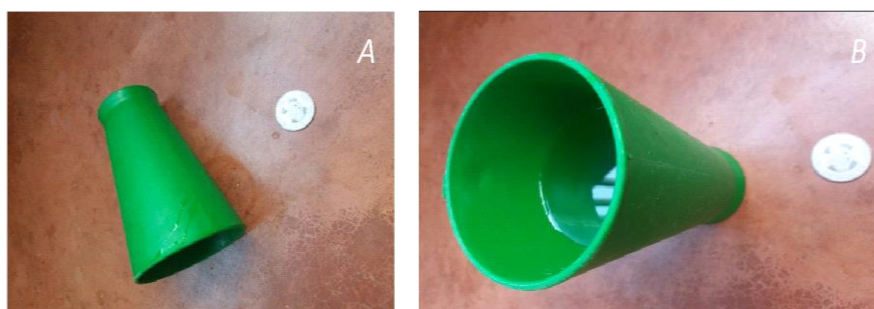


Figura 6. Experiência 3: observação na formação de imagem por refração.

Na atividade mostrada na figura 6, A e B, devia-se debater sobre o comportamento da imagem no interior do copo quando se adiciona água no seu interior. Nesta atividade, os alunos foram unânimes ao afirmar que “*Quando se adiciona água no copo a moeda volta a visualizar-se*”. Este fenômeno acontece porque à medida que se adicionava água no copo, a luz do observador, proveniente da moeda, desvia-se ao sair da água para o ar. Este desvio, permitia que o aluno visualizasse a moeda novamente.

Análise dos resultados

Com aplicação da observação direta, conseguiu-se obter informações sobre o estado físico do laboratório de Física e as condições de sua utilização, onde ficou evidente que o espaço não é utilizado para atividades experimentais e demonstrações, funcionando apenas como uma sala de aula

tradicional (Tabela 1). Assim, os materiais experimentais alternativos e convencionais são armazenados na sala do anexo do armazém do laboratório (Fig. 3). Como alternativa, os professores realizaram os experimentos nas salas de aula, em um espaço improvisado. Como consequência, nota-se a falta generalizada de agendas e planos de realização de experiências ou demonstrações.

As condições encontradas na ESM, levam a perceber que não é necessariamente a existência de um laboratório equipado ou espaço adequado, condição *sine qua non* para a realização de experiências, mas depende ainda da motivação e criatividade por parte dos professores para a utilização dos materiais convencionais, a produção de materiais didático alternativos ou realização de visitas de estudos. A utilização da sala de aula tradicional para realização de experiências deve ser feita mediante a preparação prévia em ciclos de experimentação.

Os professores acharam interessante a abordagem experimental do fenômeno de refração da luz. Apesar de ter esse conhecimento e existirem materiais para tal, os professores têm dificuldades em realizar estas experiências devido a diversas questões, como a falta de espaço adequado para realização das atividades, a superlotação das turmas, baixa carga horária para um programa de ensino vasto e a falta de capacitação sobre metodologias de ensino focado na experimentação.

Durante as atividades experimentais houve participação efetiva dos alunos durante todas as etapas: planejamento, execução, discussão e avaliação, sendo estas duas últimas, importantes na avaliação da aprendizagem significativa na sala de aula. Esta avaliação consistiu na sondagem das ideias iniciais dos alunos, a observação dos fenômenos e a descrição científica dos novos conhecimentos ou significados atribuídos, tornando o ensino de Física mais próximo do cotidiano destes, para além da criação de alunos críticos e reflexivos com explicações lógicas ou científicas sobre a ocorrência dos fenômenos naturais.

Os experimentos foram simples e com materiais de uso cotidiano dos alunos, o que melhorou a atuação destes na construção dos seus conhecimentos e motivando-os para o interesse pelas aulas de Física. O professor e os pesquisadores colaboraram na interação com os alunos, respondendo algumas dúvidas e curiosidades em todas as etapas da pesquisa.

Muitos professores têm se preocupado pelo fato de os estudantes estarem demonstrando desestímulo e desinteresse em aprender os conhecimentos básicos na área de Física, pois esta é abordada em sala de aula, geralmente, restringindo-se à resolução de problemas e exercícios no quadro (Gomes, 2007). Com base nisso, os alunos mostraram interesse em participar em atividades experimentais nas aulas de Física (Tabela 3). Estas atividades auxiliam os alunos na consolidação dos seus conhecimentos, e assim, tornarem dinâmicos e sabendo da aplicação prática dos conteúdos abordados na disciplina de Física.

Porém, o questionário (Tabela 3) mostrou que 68% dos alunos não sabiam se o conteúdo de refração da luz tinha alguma aplicabilidade no seu cotidiano, mostrando assim, que os conteúdos tratados nas aulas de Física na ESM pouco se relacionam com o seu cotidiano. Por isso, na abordagem sobre a refração da luz nas aulas de Física é imprescindível debater sobre a dispersão luminosa em arco íris, na formação da imagem virtual no fundo de uma piscina ou rio, no prolongamento do dia em virtude da refração da luz solar, na atenuação atmosférica dos raios solares, na ilusão de óptica na estrada alcatroada, entre outros exemplos cotidianos. Entende-se que é mais prático explicar aos alunos partindo das observações e por experiências ou demonstrações, sobretudo quando se pode reproduzir os experimentos em ambientes extraescolares. Souza *et al.* (2019) Ressaltam ainda, que quanto mais ativo for o processo, mais significativos e úteis serão os conceitos.

Com base nos resultados experimentais, os alunos definiram as leis de refração (Tabela 4) e explicaram a regularidade da ocorrência deste fenômeno físico (Tabela 5), para além de obterem informações sobre as aplicações práticas do fenômeno da refração da luz, através da interpretação das diferentes figuras representando o mesmo fenômeno.

A divisão da turma em grupos menores diminuiu os cuidados a ter com as dimensões dos materiais, que segundo Gomes (2007) estas não devem esconder as partes essenciais ao seu funcionamento, o que prejudica os seus aspectos didático e lúdico. Além disso,

Não se deve deixar de reconhecer alguns méritos nesse tipo de atividade: por exemplo, a recomendação de se trabalhar em pequenos grupos, o que possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com a montagem e instrumentos específicos, enquanto divide responsabilidades e ideias sobre o que devem fazer e como fazê-lo; outro é o caráter mais informal do laboratório, em contraposição à formalidade das demais aulas (Borges, 2002, p. 296).

Com base nas análises dos experimentos, levaram-nos a perceber que através de experiências simples, os alunos explicaram as leis e teorias que regem sobre o fenômeno da refração da luz com facilidade, de forma lúdica e interventiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ESM possui um laboratório de Física não utilizado para aulas experimentais de Física. Há certa dificuldade na realização das atividades experimentais e demonstrações, devido a vários problemas, a destacar: baixa carga horária e vastidão do programa de Física da 9ª classe, falta de acesso ao laboratório e inexistência ou outro espaço adequado para a realização de aulas práticas, falta de alguns equipamentos convencionais, superlotação das turmas e a falta de motivação e capacitação por parte dos professores.

Os professores acharam interessante a abordagem experimental dos fenômenos ópticos, visto que, trazem uma melhor ligação entre os conhecimentos teóricos, práticos e o cotidiano do aluno, além de proporcionar a aprendizagem significativa, aulas mais dinâmicas, permitindo a formação de alunos mais ativos na sociedade, com capacidade de análise e resolução de problemas cotidianos usando conhecimentos científicos.

Existe uma forte motivação e interesse dos alunos em participar nas atividades experimentais, pois estas foram interativas, lúdicas e possibilitam aprender a Física de forma mais prazerosa e prática, tornando os alunos mais ativos, reflexivos e curiosos, para além de auxiliar na compreensão dos fenômenos naturais e adequação concreta dos conceitos físicos.

Para terminar, sugerir aos professores de Física do ESG a optar por metodologias ativas e experiências demonstrativas nas aulas de óptica geométrica, utilizando materiais de fácil acesso, visto que trazem um novo olhar dos alunos sobre a disciplina, auxiliam na construção dos seus conhecimentos, permitindo assim, que os fenômenos físicos se façam presente e que o aluno tenha a capacidade de observar e descrever no cotidiano.

Agradecimento

Agradecemos a direção da Escola Secundária de Muatala, aos professores e alunos da 9ª classe e à Faculdade de Ciências Naturais, Matemática e Estatística da Universidade Rovuma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar em ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291–313.

- Gomes, L. C. (2007). Uma atividade prática motivadora para o aprendizado dos conceitos de reflexão e refração da luz. *Ciência & Ensino*, 2(1), 1–9.
- Grasselli, E. C., & Gardelli, D. (2014). O ensino da Física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática. *Cadernos PDE*, 1, 1–21.
- Morais, E. A., & Poletto, R. de S. (2014). A experimentação como metodologia facilitadora da aprendizagem de Ciências. *Cadernos PDE*, 1, 1–20.
- Morán, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. In C. A. de Souza & O. E. T. Morales (Eds.), *Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens* (2nd ed., pp. 15–33). UEPG/PROEX.
- Nicolau, G. F., & Toledo, P. A. (1998). *Física Básica* (Única). Atual Editora.
- Nunes, F. N. (2015). *Práticas experimentais de ótica para alunos do ensino fundamental utilizando material de baixo custo*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física. Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró - RN.
- Peixoto, D. E. (2020). Ambiente de aprendizagem aprimorado por tecnologia (TEAL): perspectivas atuais para o ensino de Física. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(2), 368–379.
- Popov, O. (1993). *Ensino de física na escola moçambicana*. INDE - Projecto de Investigação do Ensino das Ciências Naturais.
- Ribeiro, J. L. P., & Verdeaux, M. de F. da S. (2013). Uma investigação da influência da reconceitualização das atividades experimentais demonstrativas no ensino da óptica no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(2), 239–262.
- Rodrigues, K. G., & Lemos, G. A. de. (2019). Metodologias ativas em educação digital: Possibilidades didáticas inovadoras na modalidade EAD. *Ensaio Pedagógico*, 3, 29–36. <http://www.ensaiospedagogicos.ufscar.br/index.php/ENP/article/view/156>.
- Rückl, B. de F. N., & Vosgerau, D. S. R. (2017). Perspectivas da aprendizagem ativa no Ensino Fundamental: uma revisão sistemática. *XII Congresso Nacional de Educação, ISSN 2176-1396, 11883–11901*. http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/23881_12578.pdf.
- Silva, W. V. da, & Duarte, M. de O. (2018). Ensino de física e atividades experimentais em sala de aula: algumas considerações. *Congresso Internacional de Educação e Tecnologias*, 1–10.
- Souza, A. C. de, Soares, D. B., & Rocha, A. S. da. (2019). Uma alternativa didática experimental para aulas de Óptica Geométrica. *Revista Exitus*, 9(3), 280.
- Teixeira, K. L. (2018). Aprendizagem baseada em projetos: estratégias para promover a aprendizagem significativa. In E. Fofonca, G. da S. Brito, M. Estevam, & N. P. V. Camas (Eds.), *Metodologias pedagógicas inovadoras: contextos da educação básica e da educação superior* (2nd ed., pp. 47–56). Editora IFPR.
- Viveiro, A. A., & Campos, L. L. (2014). Formação inicial de professores de ciências: reflexões a partir das abordagens das estratégias de ensino e aprendizagem em um curso de licenciatura. *Alexandria*, 7(2), 221–249.
- Weltman, D. (2007). *A comparison of traditional and active learning methods: an empirical investigation utilizing a linear mixed model*. Philosophie PhD Thesis. The University of Texas at Arlington.