

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL**

JÚLIA GIACOMET THOMAZONI

**PRODUÇÃO DE UM JOGO DE TABULEIRO CONCEITUAL
DE ÓPTICA EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

CAXIAS DO SUL, RS

JANEIRO

2024

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**PRODUÇÃO DE UM JOGO DE TABULEIRO CONCEITUAL
DE ÓPTICA EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Catelli, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

CAXIAS DO SUL

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

T465p Thomazoni, Júlia Giacomet

Produção de um jogo de tabuleiro conceitual de óptica em uma sequência didática uma proposta inovadora para o ensino de física [recurso eletrônico] / Júlia Giacomet Thomazoni. – 2024.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2024.

Orientação: Francisco Catelli.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Física - Estudo e ensino. 2. Jogos de tabuleiro - Conhecimentos e aprendizagem. 3. Óptica - Conhecimentos e aprendizagem. I. Catelli, Francisco, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 37.016:53

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

JÚLIA GIACOMET THOMAZONI

**PRODUÇÃO DE UM JOGO DE TABULEIRO CONCEITUAL
DE ÓPTICA EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em 26 de janeiro, 2024

Banca Examinadora

Profa. Dra. Andréa Cantarelli Morales

Colégio La Salle – Caxias do Sul

Prof. Dr. Odilon Giovanini

Universidade de Caxias do Sul - UCS

RESUMO

Mesmo tendo, via de regra, acesso à educação formal, crianças e adolescentes em situação de risco são privados de grande parte dos recursos que seriam desejáveis na fase dos seis aos quinze anos, à qual pertence o grupo participante desta pesquisa. Às instalações precárias e destituídas de praticamente todos os recursos, tais como instalações operacionais de informática, laboratórios e climatização, apenas para citar alguns, soma-se um ensino predominantemente prescritivo, no que diz respeito especialmente às ciências e à matemática. No interior deste cenário, esta investigação configurou-se como parte de um programa de ação social oferecido por uma escola privada da região, no qual, rotineiramente, são acolhidos grupos de alunos, a quem são oferecidos todos os recursos aos quais eles não têm acesso em suas escolas de origem. Nesta pesquisa, um grupo de quinze alunos participou de cinco encontros, nos quais um jogo de tabuleiro voltado à aprendizagem de óptica serviu de “fio condutor” para uma série de atividades exploratórias, desenhadas de modo a promover o maior número possível de trocas entre os participantes, e destes com a professora pesquisadora. Os resultados apontam para uma apropriação parcial dos conceitos envolvidos, apropriação esta que foi detectada, à luz das premissas teóricas de Ausubel, nas falas e diferentes produções dos estudantes. Os recursos e procedimentos metodológicos estão acessíveis a todos os interessados sob forma de um produto educacional, juntamente com esta dissertação.

Palavras-chave: jogo de tabuleiro, aprendizagem de óptica, aprendizagem significativa

ABSTRACT

Even though, as a rule, in the access to formal education, children and adolescents at risk are deprived of a large part of the resources that would be desirable in the period between six and fifteen years old, to which the group participating in this research belongs. In addition to precarious facilities lacking practically all resources, such as operational computing facilities, laboratories and air conditioning, just to name a few, there is a predominantly prescriptive teaching, especially with regard to science and mathematics. Within this scenario, this investigation was configured as part of a social action program offered by a private school in the region, in which groups of students are routinely welcomed, who are offered all the resources to which they do not have access. in their home schools. In this research, a group of fifteen students participated in five meetings, in which a board game focused on learning optics served as a “guideline” for a series of exploratory activities, designed to promote as many exchanges as possible between students. participants, and between them and the research teacher. The results point to a partial appropriation of the concepts involved, an appropriation that was detected, in the light of Ausubel's theoretical premises, in the students' speeches and different productions. The methodological resources and procedures are accessible to all interested parties in the form of an educational product, together with this dissertation.

Keywords: board game, optics learning, meaningful learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – jogo de tabuleiro

Figura 2 – Problema 1: traçado de raios

Figura 3 – Ondas circulares no PHET

Figura 4 – Propagação de ondas planas segundo Huygens

Figura 5 – Ondas planas no PHET

Figura 6 – Ondas planas e uma barreira (PHET)

Figura 7 – Difração em uma cuba com água, PHET

Figura 8 – Difração da luz, PHET

Figura 9 – Difração da luz em uma fenda simples, experimental

Figura 10 – Difração da luz num CD gravável (experimental)

Figura 11 – Preparação do CD para uso como rede de difração

Figura 12 – O tabuleiro de jogo

Figura 13 – Exemplos de cartas surpresa (todas as cartas estão disponíveis no produto educacional)

Figura 14 – Exemplos de cartas pergunta

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Passos da sequência didática

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| PPGECiMa | Programa de Pós-graduação em Ciências e Matemática |
| UCS | Universidade de Caxias do Sul |
| PhET | Physics Education Technology |
| CD | Compact Disc |
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| EFII | Ensino Fundamental II |
| EM | Ensino Médio |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Descrição do contexto da investigação. | 11 |
| 1.2 Pressupostos gerais da investigação | 11 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 22 |
| 3. Procedimentos metodológicos | 29 |
| 3.1. Exemplos de problemas propostos. | 35 |
| 3.2. Algumas atividades experimentais | 42 |
| 3.3. O jogo de tabuleiro..... | 48 |
| 4. PRODUTO EDUCACIONAL | 52 |
| 4.1. Introdução..... | 52 |
| 4.2. Sequência didática..... | 53 |
| 4.3. Jogo de tabuleiro conceitual de óptica | 55 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 68 |
| 6. BIBLIOGRAFIA | 77 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Descrição do contexto da investigação.

A presente pesquisa foi desenvolvida no interior de um programa de ação social, promovido por uma Escola da região, de carácter confessional. Este programa está associado a um Instituto, que promove o atendimento integral de crianças e adolescentes em situação de risco e vulnerabilidade social, na faixa etária dos seis aos quinze anos. Entre as diferentes finalidades deste Instituto, destaca-se a promoção do ensino técnico científico, pedagógico e cultural, voltado ao desenvolvimento da sociedade. Em linhas gerais, o Instituto propicia a manutenção da Educação Básica para estas crianças e adolescentes, incluindo-se aqui, bem entendido, o Ensino Fundamental, foco deste trabalho.

A proposta desta dissertação consiste na oferta de uma oficina de óptica, em forma de sequência didática, voltada a jovens com escolaridade equivalente à do oitavo e nono ano do Ensino Fundamental, e estruturada em torno de um jogo de tabuleiro. As tarefas emanadas deste jogo incluem busca de conteúdos na internet, uso de simuladores e participação em experimentos exploratórios, como será detalhado mais adiante ao longo do texto.

1.2 Pressupostos gerais da investigação

O público alvo desta investigação, crianças e adolescentes em situação de risco, estão numa faixa etária - por volta dos 15 anos - na qual a profusão de informações às quais eles são submetidos, fora da Escola, sobre Ciência e Tecnologia é simplesmente avassaladora. No ambiente escolar, estas informações assumem um carácter, digamos, formal, no sentido de serem informações voltadas a habilidades tais como as de cálculo (Matemática), da escrita (Língua Portuguesa), e assim por diante. É, pois, natural que o estudante incorpore concepções epistemológicas particulares sobre o que poderia ser a ciência, e, por conta disso, assuma posições predominantemente passivas frente ao aprendizado.

O Professor, que frequentemente adota uma “atitude prescritiva” ao lidar com a Ciência e seus produtos, alimenta muitas vezes esta passividade. Cabe, então, uma breve digressão sobre a formação destas concepções epistemológicas, seja pelos alunos, que estão em pleno processo de construção de suas ideias sobre o que seja Ciência e Tecnologia, seja pelos Professores, nos quais essas mesmas ideias estão fortemente enraizadas. Entretanto, um elo comum entre estas concepções do que seja a Ciência, de parte dos alunos e de parte dos Professores, é o que diz respeito às formas pelas quais se dá a busca pelo conhecimento.

O conhecimento com base no senso comum não corresponde, em geral, ao conhecimento criado e validado pela comunidade científica. Em decorrência de visões errôneas da ciência (elas emanariam do senso comum, por exemplo), os estudantes acreditam que a Ciência é estática e imutável, talvez porque seja esta a percepção que se cristaliza do contato deles com aulas expositivas. Um elemento que corrobora esta percepção é o de que a formação de professores de ciências é produzida exatamente desse modo, formação esta que, em boa parte, consiste numa coleção de certezas que são sendo apresentadas a eles. A meta, ao longo da formação (licenciatura) consiste, em grande parte, da apropriação destas certezas, para que elas possam ser “recitadas” depois, em sala de aula. Há, aqui, um inegável conflito com o que pode ser acompanhado nas diferentes mídias, tanto pelos Professores, quanto pelos alunos. Como esta concepção de Ciência imutável e prescritora de certezas se confronta com o anúncio de novas descobertas, tais como as reportadas por cientistas que realizam observações em telescópios em órbita da Terra e que dão conta que nosso conhecimento acerca da distribuição de matéria e energia no Universo se restringe a uns poucos por cento?

Como, então, justificar que ainda existam aulas totalmente voltadas para o ensino expositivo, modelo arcaico no qual o professor apenas “transmite” conhecimento para o aluno, e este recebe passivamente os conteúdos? Dessa forma, os estudantes apenas memorizam e reproduzem os saberes que estão sendo passados. Se a memorização e reprodução de conteúdo é, por ela mesma, um problema para estudantes de boas condições socioeconômicas, é de prever uma agudização deste problema quando o público alvo não apresenta estas condições socioeconômicas

ideais, como é o caso nesta investigação. Como esperar que estes estudantes assumam as posições que eles buscam na sociedade, se são ensinados que o conhecimento é algo a reproduzir, dado que ele é imutável?

Cabe, então, buscar elementos que permitam a quebra deste “ciclo prescritivo” que caracteriza em boa parte o ensino e a aprendizagem nos dias que correm. Um dos elementos que propiciam esta quebra dizem respeito a

“[...] fatores como a ausência de relação entre a teoria e a prática durante a formação, influência de modelos tradicionais de ensino, experimentados anteriormente ou durante a graduação de docência, e a não desconstrução desses modelos na formação do professor podem justificar o descompasso entre o discurso e a prática” (THADEI et al., 2018, p. 91).

Esta vertente da exploração da relação teoria – prática merece ser explorada. Um dos (muitos) caminhos é aquele que prevê, como elemento estruturante da aprendizagem, o envolvimento pleno e livre do aprendiz. Este envolvimento é, em grande medida, sinônimo de aulas que chamem sua atenção e não sejam monótonas. Entretanto, esta não é uma meta simples de ser atingida: os professores enfrentam problemas para atender as demandas de seus alunos para que essas aulas sejam diferenciadas. *“Nesse contexto, as estratégias e métodos de Aprendizagem Ativa vem recebendo atenção crescente [...] por constituir uma das respostas possíveis a essas novas demandas educacionais” (ELMÔR FILHO et al., 2019).*

Na assim chamada aprendizagem ativa os alunos têm a possibilidade de desenvolver uma série de habilidades, entre elas a autonomia, a capacidade de análise de problemas e o trabalho em equipe. Através de estratégias da Aprendizagem Ativa, possibilita-se aos aprendizes uma melhor compreensão do que é estudado, tendo em vista uma aprendizagem significativa.

A utilização de jogos didáticos, um dos elementos desta dissertação, propicia a “ação” pedagógica aqui buscada: os jogos recorrem ao lúdico, e, potencialmente, facilitam a aprendizagem.

Como será destacado mais adiante, o jogo proposto como parte da sequência didática proposta nesta dissertação é analógico. Porque analógico? Para encaminhar esta questão, vale uma reflexão breve acerca da sala de aula. Mesmo diante da

tecnologia atualmente disponível, numa profusão de formas, a aula continua sendo extremamente importante no processo de ensino e aprendizagem. Entende-se “aula” aqui como um espaço no qual convivem, presencialmente, alunos e um professor. É um espaço que propicia o aprender. Mas, em função do que foi argumentado anteriormente, não se trata de um aprender passivo, de um aprender no qual, para utilizar uma imagem recorrente nos meios educativos, o saber é “vertido” para dentro da cabeça do aprendiz. O saber a ser aprendido é muito mais algo a ser oferecido ao aprendiz, numa forma que propicie conexões com o que o aprendiz já sabe. O leitor perceberá que estamos trazendo para a cena o aprendizado denominado “significativo”, em oposição àquele denominado “mecânico”, este último oferecido sem nenhuma consideração a respeito de como será recebido pelo aprendiz, nem sobre as possibilidades de ancoragem ao conhecimento prévio, pré-existente. Por certo, não é simples a oferta deste conhecimento que detém o potencial de “significar” algo a quem o recebe. Uma das estratégias que pode propiciar esta significação é a de apresentar aos aprendizes aulas inovadoras. Ou seja, os professores procuram criar um ambiente favorável para a participação ativa dos alunos. E para isso é essencial “intencionar”: *“toda prática educativa deve ter caráter intencional e necessita de planejamento e sistematização”* (CAMARGO; DAROS, 2018).

Realizar uma aula planejada inclui ajusta-la ao público ao qual ela se destina. E este ajuste, quase que invariavelmente, implica alguma inovação. Por sua vez, esta inovação resulta, com frequência, no estabelecimento de relações entre diferentes conhecimentos de modo significativo, na conexão da teoria à prática. A inovação faz com que o aluno seja trazido para uma pedagogia dinâmica, que abre caminho para que os alunos enfrentem os problemas com os quais se deparam no meio social em que vivem. E, justamente por partirem de elementos que são familiares aos estudantes, de elementos já disponíveis previamente, as estratégias de aprendizagem ativas se tornam de extrema importância para o desenvolvimento pessoal e intelectual de cada estudante. Neste ponto, esclarece-se um pouco mais a opção pelo jogo analógico: a participação ativa, a intencionalidade, tornam-se possibilidades concretas num ambiente presencial, no qual as diferentes manifestações podem encontrar – imediatamente – eco entre eles, estudantes, e entre eles mesmos e o professor.

Algumas palavras adicionais necessitam ser ditas a respeito do papel do professor neste contexto, digamos, ativo. Se o que é buscado é que o aluno se torne o autor de sua aprendizagem, o professor precisará, necessariamente, assumir – também - o papel de mediador em todo o processo. O aluno, nessas estratégias, é preparado para ser capaz, por ele mesmo, de solucionar problemas e, conseqüentemente, construir seu conhecimento. Desse modo, os educandos serão preparados para um mundo que é o deles, pois a aprendizagem ativa faz com que eles sejam provocados e estimulados a refletirem sobre suas ações. Mas, cabe acrescentar algo central, em especial quando os estudantes pertencem a meios socialmente desfavorecidos: prepara-los para um mundo que é o deles não significa, como exaustivamente defendido até aqui, que este mundo seja apreendido como algo estático, imutável. Não, o ato de reconhecer o ambiente em que vivem deve carregar junto o germe da evolução, evolução esta que terá o sentido que convenha a eles, atores do processo.

Torna-se necessária, então, uma digressão um tanto mais aprofundada sobre o meio no qual os estudantes se inserem. Jean Piaget, psicólogo e filósofo nascido na Suíça, acreditava que o aluno tem o potencial de assimilar o que o ambiente lhe oferece e usa seus conhecimentos prévios para atribuir significados ao que lhe está sendo apresentado. O construtivismo é o princípio mais fundamental de educação que podemos extrair da teoria de Piaget. Significa que o conhecimento e os valores morais são aprendidos não por interiorização de elementos externos ao sujeito, mas por uma construção interior desencadeada pela interação do sujeito com o meio ambiente.

Nesta mesma linha, para Vygotsky, as interações sociais são a base para que o indivíduo possa compreender representações mentais e, desse modo, consiga aprender.

“Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para

o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com sua zona de desenvolvimento imediato. (VYGOTSKY, 2001, p. 329)

Aqui repousa, em boa parte, a ideia do jogo. Diferentes papéis, para diferentes alunos, são previstos. As respostas às questões, condição que regula o avanço no jogo, são verificadas por alguém do grupo, designado para este fim. A decisão de aprofundar pesquisas sobre algum tema que apareça no jogo, também podem ser tomadas pelo grupo. Enfim, uma parte significativa do conhecimento veiculado no jogo emerge de uma “negociação” entre os pares. E assim por diante. Com isso, a expectativa é que se dê, em algum grau, a veiculação de conhecimentos, em duas vias: do grupo para o indivíduo, e deste para o grupo. Talvez, seja ainda mais relevante a produção de novas relações entre conhecimentos, novos ou não. É de extrema relevância que o aluno possa conectar conteúdos uns aos outros, pois, desta maneira, ele se constrói, ao construir seu próprio conhecimento. Assim, quando se relacionam estratégias de aprendizagem ativa com técnicas que farão os estudantes criarem afetividade com o que está sendo exposto, mais autonomia é produzida no processo de ensino e aprendizagem tanto para os alunos quanto para o professor.

Conceitos, entendidos como uma representação, de caráter geral e abstrato, de algo ou de uma ideia, são, metaforicamente, as pedras com as quais a Ciência é erigida. Os jogos, ditos didáticos, pretendem transpor estes “algo” ou estas “ideias”, do âmbito da Ciência para o meio escolar, de forma que eles – conceitos – não sejam excessivamente modificados, e sobretudo, não sejam reduzidos a contrapartidas do senso comum. Ao associarem-se à veiculação de conceitos emanados das Ciências, os jogos podem ser denominados, especificamente, de jogos conceituais:

[...] os jogos conceituais desenvolvem o pensamento lógico (psicológico), fazendo com que o cérebro se desenvolva (biológico), pois não existe a possibilidade de desenvolvermos este pensamento se o cérebro, parte do corpo humano – biológico, não se desenvolver também. Logo a utilização dos jogos auxilia, também, no desenvolvimento do raciocínio lógico, fator que influência na aprendizagem dos sujeitos. (FREITAS; SILVA, 2011)

Em face do conjunto de tudo o que foi até aqui exposto, esta investigação se

debruça sobre a seguinte questão: “Em qual medida um jogo de tabuleiro conceitual, integrado a uma sequência didática sobre o conteúdo de Óptica atua como facilitador de aprendizagem para alunos pertencentes a grupos sociais menos favorecidos?”

Mas, porque a escolha, especificamente, de jogos de tabuleiro? Com o objetivo de tornar mais clara a motivação da autora para a consecução deste trabalho, voltado a estudantes de um programa de ação social, segue uma breve argumentação, que pretende evidenciar a importância do acolhimento dado a estes jovens, atendimento este que se deu num ambiente dotado de condições materiais excepcionais, frente às condições que eles encontram em seus dia-a-dia escolares.

O problema de pesquisa, tal como exposto acima, será conduzido pelas hipóteses de que o jogo didático conceitual torna o ensino do conteúdo mais agradável, propicia que os alunos interajam com os colegas e aprendem nesta interação, desenvolvam graus crescentes de autonomia e, por fim, seja uma atividade motivadora. Também serão levados em conta os objetivos específicos, tais como elaborar uma sequência didática que utilize um jogo de tabuleiro conceitual como recurso pedagógico e evidenciar teoricamente como um jogo didático pode ser um facilitador de aprendizagem.

Aprendizagem, de acordo com o dicionário Online de Português, (<https://www.dicio.com.br/>) aprendizagem é “ação, processo, efeito ou consequência de aprender”. Com isso, faz-se relevante essa proposta no processo de ensino e aprendizagem para que os estudantes tenham sua leitura de mundo através dos conceitos que serão estudados.

Na perspectiva da inserção de uma atividade inovadora no Ensino de Física, será elaborada uma proposta sobre o conteúdo de Óptica, através de uma sequência didática com a utilização de um jogo de tabuleiro como facilitador de aprendizagem. Para tal, o embasamento teórico conterá elementos de Bachelard através dos obstáculos epistemológicos, David Ausubel com sua teoria da aprendizagem significativa, Jean Piaget com o construtivismo e o conceito de pensamento computacional vindo de Jeannete Wing, já que será trabalhado a “computação desplugada”. Em linhas gerais, a computação desplugada proporciona a aprendizagem de conceitos computacionais sem

a utilização de softwares ou hardwares. Se o jogo é da natureza do ser humano (ser humano: *sub specie ludi*, Huisinga, título do cap. 11), não surpreende que uma das manifestações (relativamente) recentes da inteligência humana – séculos XX e XXI – o pensamento computacional, esteja relacionado em algum grau ao jogo. Conforme Wing (2016) o pensamento computacional envolve

[o uso do] raciocínio heurístico na descoberta de uma solução. É planejar, aprender e agendar na presença da incerteza. É pesquisar, pesquisar e pesquisar mais, resultando em uma lista de páginas da web, uma estratégia para vencer um jogo ou um contraexemplo [...].

Neste contexto, o jogo conceitual, associado ao pensamento computacional que ele envolve, pretenderia constituir-se numa inovação. Num âmbito mais geral, percebe-se que os professores e a escola vêm sentindo a necessidade de repensar o ato educacional. Em termos educativos, busca-se a inovação pedagógica de forma quase obsessiva, e os resultados chegam, progressivamente, mas talvez não com a velocidade esperada. É notório que os alunos estão cada vez mais desmotivados com os estudos. Este quadro agrava-se no ensino atual das Ciências, o da Física em especial, porque - esta é uma hipótese defendida por um grande número de teóricos, alguns deles já citados neste trabalho - além da falta e/ou despreparo dos professores, o ensino de Física se baseia, predominantemente, numa reprodução mecânica dos conteúdos.

É difícil apontar uma solução que, isoladamente, leve a um quadro mais alvissareiro. Mas uma destas soluções, em especial, revela-se muito efetiva. Temos em mente aqui a questão do significado do que é proposto aos alunos, para que eles aprendam. O Professor, idealmente, deveria ter condições e preparo para realizar atividades nas quais os educandos conseguissem atribuir significados ao que está sendo estudado. A grande questão é que “[as] pesquisas atuais da neurociência comprovam que o processo de aprendizagem é único e diferente para cada ser humano, e que cada pessoa aprende o que é mais relevante e o que faz sentido para si, o que gera conexões cognitivas e emocionais” (MORAN, 2018, p. 2).

Como dar conta deste caráter “único e diferenciado” do processo de aprendizagem? O que é proposto a seguir, bem entendido, não tem o condão de, num “passe de mágica”, reverter a situação descrita acima. Mas, os resultados deste trabalho, que serão apresentados mais adiante, indicam que – sim – é uma proposta

válida de encarar o problema. Estamos propondo, neste trabalho, jogos de tabuleiro, com o objetivo de torna-los ferramentas facilitadoras de aprendizagem, no interior de uma sequência didática. E qual seria o principal elemento transformador que o jogo poderia trazer para a sala de aula? Respondemos: a ludicidade!

Por meio do lúdico há o desenvolvimento das competências de aprender a ser, aprender a conviver, aprender a conhecer e aprender a fazer; desenvolvendo o companheirismo; aprendendo a aceitar as perdas, testar hipóteses, explorar sua espontaneidade criativa, possibilitando o exercício de concentração, atenção e socialização. O jogo é essencial para que seja manifestada a criatividade e a criança utilize suas potencialidades de maneira integral, indo de encontro ao seu próprio eu. (MODESTO; RUBIO, 2014)

Modesto e Rúbio apontam, além das competências extraídas diretamente dos Pilares da Educação, de Jacques Delors (aprender a ser, a conviver, conhecer, fazer) elementos centrais para o público alvo ao qual e destinou este trabalho: aprender a aceitar as perdas, mas não de maneira resignada e passiva. Não: a resposta a uma perda é a espontaneidade criativa, a concentração, a a socialização. Jogar é, um pouco, aprender a viver, viver melhor, de maneira mais harmônica e feliz. Os jogos didáticos são muito relevantes no ensino pelo fato de que, além de introduzir os conceitos centrais de um dado conteúdo, são uma maneira de motivar os alunos, tornando o aprendizado mais divertido e significativo.

Se o jogo é inerente à natureza do ser humano, o jogo de tabuleiro conceitual de Óptica tem também, para os alunos, a função epistemológica de favorecer a construção da imagem da ciência como algo em constante evolução. Trabalhar a história da ciência é deveras importante para a contextualização do conhecimento científico e para desenvolver o pensamento crítico dos estudantes.

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: [...] podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que tem inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam. (QUINTAL; GUERRA, 2009, p.21)

À guisa de encerramento desta breve digressão sobre o jogo, será explicitada agora a forma como ele integrará os encontros com os estudantes do Programa de Ação

Social ao qual esta pesquisa está integrada. O jogo aqui proposto integrará uma sequência didática, a qual, em linhas gerais, consiste de um conjunto de atividades estruturadas em objetivos pedagógicos. A grande importância desse método é que “a todo momento, o docente pode intervir para a melhoria no processo ensino e aprendizagem, oportunizando situações para que o educando assuma uma postura reflexiva e se torne sujeito do processo de ensino e aprendizagem” (LIMA, 2018).

É importante ressaltar que, através de uma sequência didática, a consolidação do conhecimento

[...] é um dos princípios programáticos ausubelianos da matéria de ensino (juntamente com a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a organização sequencial) segundo o qual é preciso insistir no domínio ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, buscando assegurar contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada. Contudo, este princípio deve ser compatibilizado com a progressividade da aprendizagem significativa e com a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. (MOREIRA, 2012b)

Dessa maneira, o professor cumpre o papel de formar cidadãos pensantes e críticos para a sociedade, além de atribuir significado aos conteúdos propostos. Também busca propiciar o aprendizado dos estudantes, já que tudo é organizado de maneira com que os objetivos estejam no centro do planejamento.

Dado o conjunto do que foi exposto até aqui, o objetivo geral deste trabalho pode ser assim enunciado: investigar a aprendizagem de Óptica de alunos de um programa de ação social a partir do emprego de um jogo de tabuleiro conceitual.

Alguns outros objetivos, estes, específicos, também podem ser elencados aqui: a) Selecionar conteúdos de práticas do Ensino de Ciências relativo aos anos finais do Ensino Fundamental, com ênfase na óptica, tendo em vista a elaboração de uma sequência didática;

b) Investigar os conceitos prévios dos participantes referentes aos conceitos básicos de Óptica;

c) Investigar, por ocasião da aplicação da proposta, indícios da ocorrência de

aprendizagem significativa;

d) Elaborar uma sequência didática que utiliza um jogo de tabuleiro conceitual como recurso pedagógico.

e) Avaliar, a partir dos princípios da Aprendizagem significativa, a potencial ocorrência de aprendizado.

Com referência a este último objetivo, a ferramenta preferencial para esta avaliação serão mapas mentais, a serem produzidos pelos próprios participantes. Serão também consideradas as impressões dos estudantes sobre a sequência didática, impressões estas que serão recolhidas ao final a implementação da proposta.

No próximo capítulo, alguns elementos teóricos norteadores deste trabalho serão objeto de uma breve exposição argumentada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

É perceptível que, nas aulas de Física, os alunos acreditem que é através de uma aprendizagem mecânica que se dá o entendimento de conteúdo. As consequências que decorrem de aprendizagens puramente mecânicas, de seja qual for o conteúdo, são as mais diversas. Apenas a título de ilustração, uma destas consequências é o crescente desinteresse dos estudantes egressos do Ensino Médio por carreiras docentes em geral, e especialmente, na área de Ciências, incluída a Física, objeto da proposta de intervenção contida nesta dissertação (BROCK e ROCHA FILHO, 2011). O que haveria de potencialmente danoso em aprendizagens predominantemente mecânicas? Retornando ainda mais à origem da questão, o que são aprendizagens mecânicas? Em linhas gerais, ela ocorre quando novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes previamente estudados e estruturados cognitivamente. Os alunos decoram fórmulas e leis, mas logo as esquecem.

Como fugir da armadilha da memorização, pura e simples? Antes de prosseguir, cabe um alerta: não se trata de fazer aqui uma “detração” da memorização, até porque a vida humana seria impensável sem o recurso, sistemático, à memória. Trata-se, isto sim, de alertar para o risco de fazer da memória sinônimo de aprendizado. “Sei recitar? Então aprendi!” É esta percepção primitiva de aprendizado que queremos colocar em questão aqui.

Qual seria então o “antônimo” de aprendizagem mecânica? No outro extremo desta concepção, temos a aprendizagem significativa. Façamos então um breve apanhado do que seria esta assim chamada Aprendizagem Significativa. Iniciemos com o papel do professor: ele tem – muito mais – um papel de mediador, do que o papel de “transmissor”. Sempre que possível, ele se utiliza do conhecimento prévio do aluno para a aquisição de novos conhecimentos, o que faz do aluno um pesquisador em potencial, ativo no seu processo de aprendizagem. Nesse desenvolvimento contínuo, os conhecimentos já existentes adquirem novos significados, e é justamente o que tem o maior potencial de tornar a aprendizagem relevante e permanente.

Para que uma aprendizagem significativa ocorra é necessário que o aluno

esteja disposto a aprender, e concomitantemente, que o conteúdo escolar seja potencialmente significativo. Para que isso aconteça, o professor precisa criar maneiras de fazer com que seus alunos despertem neles mesmos a ânsia pelo conhecimento. Isso resultará em uma aprendizagem ativa e diferenciada para preparar os estudantes para a vida, já que eles não podem, e não devem, se tornar escravos de uma abordagem tradicional na qual não são o centro do processo de aprendizagem.

[As] proposições de Ausubel partem da consideração de que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, sendo que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si que do número de conceitos presentes. Entende-se que essas relações têm um caráter hierárquico, de maneira que a estrutura cognitiva é compreendida, fundamentalmente, como uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização. A partir dessa especificação, a aprendizagem escolar passa a caracterizar-se globalmente como a assimilação a essa rede de determinados corpos de conhecimentos conceituais, selecionados socialmente como relevantes e organizados nas áreas de conhecimento. (PELIZZARI; KRIEGL; BARON; FINCK; DOROCINSKI, 2002)

Quando atividades lúdicas são utilizadas em aulas de Física, ao invés de apenas repetição de exercícios, torna-se possível motivar os alunos para o aprendizado dos conteúdos de maneira dinâmica e divertida. O lúdico é uma estratégia insubstituível para o estímulo do desenvolvimento do conhecimento e, também, de inúmeras habilidades e competências sociais e cognitivas.

Percebe-se que todas as abordagens que utilizam metodologias ativas são suscetíveis de resistência, já que os estudantes ainda estão acostumados a estudar em ambientes com métodos tradicionais, nos quais eles não têm voz e papel ativo ao longo da construção de conhecimento. E, por esse motivo, é relevante trabalhar os conteúdos de diversas maneiras para que cada estudante consiga compreender a importância de interpretar mais os temas estudados do que apenas decorar tópicos.

O ensino pode ocasionar a aprendizagem, mas não há aí uma consequência direta: ensinar não implica, necessariamente, aprender. É mais realista pensar no ensino como um facilitador do processo de aprendizagem. Por esta perspectiva, convém que o professor utilize uma teoria adequada, uma que contemple as variáveis necessárias para

que sua prática pedagógica cumpra as demandas de seus estudantes, possibilitando sua plena inserção no meio social. A aprendizagem puramente receptiva cumpre mal, ou não cumpre, pura e simplesmente, este papel. Já a aprendizagem por descoberta, colocada aqui em oposição à aprendizagem puramente receptiva, abre outros recursos:

[...] na aprendizagem receptiva, o conteúdo principal da disciplina é meramente apresentado ou dado ao aluno e exigido apenas que o mesmo relacione ativa e significativamente este conteúdo a aspectos relevantes de conhecimentos já contidos em sua estrutura cognitiva. Na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal do que deve ser aprendido deve ser descoberto antes mesmo de ser assimilado utilizando aspectos relevantes de conhecimentos básicos contidos na estrutura cognitiva. (FARIAS, 2018)

Para complementar o processo de aprendizagem ativa e significativa, é necessário que haja interação entre os alunos e entre professor e aluno, como preconiza o construtivismo de Piaget. Nesta abordagem, o aluno é o centro e o protagonista do processo de aprendizagem, o nível de amadurecimento de cada estudante é respeitado, o ensino é visto como processo dinâmico e o aprendizado é construído gradualmente: cada novo conhecimento é aprendido a partir de conceitos anteriores.

As interações entre indivíduos, potencialmente, promovem a troca de experiências e de conhecimentos. Quando estas interações se dão entre membros mais experientes e outros menos experientes, naturalmente há um compartilhamento profícuo de conhecimentos. Tais trocas são imprescindíveis para o desenvolvimento cognitivo e social do indivíduo, resultando, com frequência, em aprendizagens significativas.

Através das interações, percebe-se que o conhecimento se direciona para as duas extremidades (professor e aluno ou aluno e aluno), fazendo com que exista um processo de interiorização e exteriorização de conhecimento entre os lados. Mas as interações não são intrinsecamente relevantes, sempre. Por certo, interações são sempre bem-vindas, mas se elas puderem ser o mais possível profícuas, tanto melhor: o objetivo agora é destacar alguns dos percalços que ocorrem durante estas trocas, e o primeiro diz respeito ao que se pode chamar de obstáculos didáticos. No processo de assimilação de conteúdo de Física, é possível que os estudantes se deparem com tais

obstáculos, ocasiões em que a imagem que emerge deste aprendizado é epistemologicamente falha. Gaston Bachelard (1978), se dedicou, entre outras coisas, ao estudo de obstáculos epistemológicos, que, em sua percepção, eram a causa da paralisação do conhecimento científico.

Bachelard introduziu a concepção de descontinuidade na cultura científica através das noções de recorrência histórica, de racionalismos setoriais e da concepção de ruptura. No que se refere à ruptura, esta se apresenta tanto entre conhecimento comum e conhecimento científico, a partir do que se constituem os obstáculos epistemológicos, quanto no decorrer do próprio desenvolvimento científico, configurando a filosofia do não. (LOPES, 1993)

Existem vários obstáculos epistemológicos que se convertem em obstáculos didáticos e assim, dificultam a aprendizagem. A experiência primeira é quando o aluno se apega mais à beleza do experimento do que à sua explicação lógica; quando há a falta de uma explicação, gera-se uma generalização indevida. Quando existe a generalização de algo, realizada de maneira irrefletida, sem consciência, o processo de motivação do aluno resulta dificultado para a aprendizagem, já que a explicação faz com que o conteúdo resulte – na percepção do aluno – resulte em algo completo e fechado, desestimulando assim a formulação de questionamentos.

Além da experiência primeira, há o assim chamado “obstáculo verbal”, que ocorre com frequência em momentos nos quais o professor pensa em facilitar a aprendizagem de seus alunos, e o faz por meio do uso impreciso de palavras, induzindo os estudantes a atribuírem, por exemplo, um significado concreto indevido a uma palavra abstrata. A origem deste problema, de ordem didática, situa-se no assim chamado obstáculo epistemológico realista, já que gera um entendimento incompleto de fenômenos, pois, coloca o conhecimento científico apenas dentro do concreto, sem propiciar o imprescindível salto para o abstrato.

Palavras não são uma explicação. O que é relevante é o que elas trazem, o que é “colocado” dentro delas pelos alunos. Dessa forma, para ensinar física, os professores e a escola devem propiciar aos alunos a possibilidade de construir mais entendimentos para “recheiar” as palavras de maneira adequada, já que estas vêm carregadas de

significados, plausíveis ou não.

Para Gaston Bachelard, uma das incumbências do professor

[...] consiste no esforço de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já amontoados pela vida cotidiana, de propiciar rupturas com o senso comum, com um saber que se institui da opinião e com a tradição empiricista das impressões primeiras. Assim, o epistemólogo tem de tomar os factos como ideias, inserindo-os num sistema de pensamento. (BACHELARD, 2000, p. 168)

Através de atividades que utilizem um ambiente de aprendizagem ativa e significativa, é possível fazer com que essas barreiras sejam rompidas e a compreensão de conteúdos essenciais para o desenvolvimento cognitivo e pessoal dos estudantes seja efetiva. Criam-se assim oportunidades para que cada aluno construa uma compreensão ampla do conhecimento em questão.

A partir da perspectiva do desenvolvimento integral dos estudantes, urge pensar em competências e habilidades que condigam com a realidade vivida. Sabe-se que, hoje em dia, os alunos já têm contato com tecnologias digitais, então, um caminho para direcionar estas tecnologias digitais para o aprendizado escolar dos alunos seria através do assim chamado pensamento computacional. Mas, um tanto paradoxalmente, considerando que os computadores são dispositivos tecnológicos relativamente recentes, o pensamento computacional acompanha a humanidade há séculos, e não há um caminho único para desenvolvê-lo. Ao contrário do que o senso comum exigiria, não são necessários dispositivos digitais para que o pensamento computacional seja desenvolvido, já que ele potencializa o desenvolvimento do raciocínio lógico, que, como já foi no passado, é uma das importantes habilidades do futuro. Os alunos, no tempo presente, ao terem, naturalmente, contato (intencional ou não) com o pensamento computacional, encontrarão oportunidades excepcionais para que a aprendizagem que daí resulte – se resultar – seja significativa.

O pensamento computacional veio à tona em especial através do artigo de Jeannete M. Wing, em 2006, no qual ela afirma que o “pensamento computacional se

baseia no poder e nos limites de processos de computação, quer eles sejam executados por um ser humano ou por uma máquina” (WING, 2006, p. 33).

No pensamento computacional, o aluno precisa analisar um problema, dividir o problema em partes menores, reconhecer padrões utilizados em problemas parecidos e estabelecer um conjunto de passos para poder solucioná-lo. Na computação desplugada, os estudantes trabalham a resolução de problemas de maneira convencional (papel, lápis, discussões, perguntas, respostas ...) e na computação plugada, os alunos interagem com tecnologias digitais, de diferentes maneiras.

A integração do pensamento computacional ao currículo desde o ensino fundamental seria de grande relevância para

[...] o reconhecimento da computação enquanto ciência, também na educação básica. Desta forma, os alunos começariam a ter contato com Ciência da Computação desde o início de sua formação escolar. Afinal, precisamos preparar os nossos alunos para viver em sociedade, se apropriando das tecnologias existentes e tendo uma visão crítica sobre o mundo que os cerca. (NASCIMENTO; SANTOS; TANZI, 2018)

Através da utilização da interação entre os indivíduos e os objetos abordada no construtivismo de Piaget e o desenvolvimento do pensamento computacional na educação básica, quebram-se barreiras que dificultam o processo de aprendizagem de cada indivíduo e, por esse motivo, torna-se de extrema importância o uso de metodologias ativas, caracterizadas por criarem um ambiente adequado, propício à emergência da aprendizagem, não qual quer “aprendizagem” mas aquela dotada de significado, que nos remete a Ausubel.

No âmbito educacional, essa teoria promove o respeito às características dos alunos que demandam de processos educacionais mais justos às suas particularidades sócio- culturais, requerendo uma educação personalizada e interativa, que propicie o avanço de cada aprendiz coerente com suas necessidades. (SOUZA; SHIGUTI; RISSOLI, 2013)

O processo de entender e dar significado sempre fez parte da humanidade e, ainda hoje, precisa-se disso para a evolução contínua de cada indivíduo. Além disso, quando se estruturam conteúdos de forma com que diálogos e atividades diferenciadas

sejam oportunizadas, promovem-se melhorias no Ensino de Física.

Sendo assim, é válido admitir que os jogos propiciam ambientes computacionais bastante efetivos, podendo incluir, dentre outras características, a “computação desplugada”. “Atividades desplugadas representam uma ótima porta de entrada para ensinar ciência da computação de forma simples, que não requer muita preparação e que encanta os alunos” (PENINA, 2022). Ou seja, os alunos não necessitam obrigatoriamente de um computador para que realizem atividades que os coloquem no “espírito do tempo”.

A aplicação de um jogo didático de tabuleiro é uma ótima oportunidade para que os estudantes pratiquem a “computação desplugada” e consigam desenvolver, de maneira integral, suas potencialidades. Mais adiante, neste trabalho, descreveremos a proposição de atividades, baseadas tanto no jogo aqui proposto (produzido pela autora), quanto em experimentos com simuladores, e também experimentos “reais”, que fazem uso de recursos da computação desplugada, tais como a recursividade, a abstração, ou a decomposição de uma tarefa complexa em tarefas menores.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa aqui descrita é qualitativa e aplicada, já que se propõe a interpretar significados atribuídos pelos alunos, significados estes recolhidos de dados obtidos através de uma observação participativa. Além disso, trata-se de uma pesquisa explicativa, pois procura explicar causas e consequências da relação entre a aplicação de um jogo didático realizado no interior de uma sequência didática e o processo de aprendizagem dos alunos. Buscou-se identificar o desenvolvimento de conceitos e atitudes; os resultados foram fundamentados em explicações plausíveis, o que configura uma interpretação essencialmente empírica.

Como já anunciado brevemente na introdução, esta pesquisa transcorreu junto a alunos de um programa de ação social, promovido por uma Escola da região, de caráter confessional. Este programa está vinculado a um Instituto, que promove o atendimento integral de crianças e adolescentes em situação de risco e vulnerabilidade social, na faixa etária dos seis aos quinze anos. Entre as diferentes finalidades deste Instituto, destaca-se a promoção do ensino técnico científico, pedagógico e cultural, voltado ao desenvolvimento da sociedade. Em linhas gerais, o Instituto propicia a manutenção da Educação Básica para estas crianças e adolescentes, incluindo-se aqui, bem entendido, o Ensino Fundamental, foco deste trabalho. Não há nenhum tipo de remuneração envolvido, as crianças são atendidas de forma integral, continuada, planejada e universal, sem nenhuma contrapartida, incluído neste atendimento o transporte e a alimentação. Não há qualquer discriminação, pelo contrário. A oficina da qual trata esta pesquisa insere-se nos objetivos do Instituto, que, conforme já mencionado, trata da oferta a eles do ensino nas suas diferentes formas. A este respeito, uma das metas do Instituto, ao qual esta proposta está perfeitamente adaptada, é a de oferecer oficinas pedagógicas voltadas à inclusão digital.

A estrutura física que a Escola oferece a este Instituto é basicamente a mesma daquela de seus alunos que não pertencem ao programa, e é bastante completa, contando com o apoio da coordenação pedagógica e direção para a realização do projeto. O atendimento se dá das 13h às 17h, de segunda a sexta. A meta de atendimento fica em torno de crianças e adolescentes, e abrange 40 bairros do município de Caxias do Sul.

Os dados desta pesquisa foram obtidos através de observações participantes e de um relatório que foi entregue pelos alunos sobre as atividades realizadas na sequência didática, em especial aquelas transcorridas após a implementação do jogo didático. Estes relatórios foram explorados por meio de uma análise dos textos e materiais produzidos pelos participantes, em especial os mapas mentais que eles produziram. Desta forma, buscou-se entender melhor as motivações dos estudantes, o que os fez progredirem (ou não) nas tarefas propostas. O objetivo inicial da sequência didática foi o de fazer com que os participantes do Programa compreendessem os conceitos básicos de Óptica, tais como onda eletromagnética, luz, velocidade da luz, raio de luz, feixe de luz, fontes de luz, meios ópticos, sombra, penumbra, reflexão, refração, difração, interferência, cores e filtros. Em segundo lugar, mas não menos importante, objetivou-se promover a integração entre os alunos, com atenção especial à integração voltada à resolução dos desafios derivados da proposição da sequência didática.

Para que a sequência didática tivesse um bom andamento, foi necessário que os alunos utilizem algum tempo em casa para o desenvolvimento de diferentes tarefas.

A primeira atividade da sequência didática proposta aos alunos, divididos em grupos de cinco integrantes, foi a de fazerem uma breve pesquisa sobre conceitos de Óptica previamente escolhidos pela professora - pesquisadora; diferentes conceitos foram sorteados para cada grupo. Por exemplo, um grupo pesquisou sobre ondas eletromagnéticas, luz e velocidade da luz, outro grupo sobre raio de luz e feixe de luz, um terceiro, sobre fontes de luz e feixes ópticos, e assim por diante.

Foi proposto em seguida aos estudantes que produzissem uma síntese dos tópicos pesquisados, e que apresentassem esta síntese aos colegas de sala de forma concisa, em aproximadamente 10 minutos. A pesquisadora dedicou atenção especial a este momento, pois nele havia a expectativa da manifestação de alguns conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema determinado, o que se confirmou, conforme será relatado mais adiante nos resultados. A professora pesquisadora aproveitou este primeiro encontro para exortar os estudantes da sala a fazerem o maior número possível de perguntas ao grupo apresentador. A justificativa para este pedido foi a de que, quanto mais perguntas, tanto melhor seria a compreensão de todos sobre o assunto

em voga. A Professora pesquisadora deixou bem claro que, muito mais importante do que o grupo "saber ou não a resposta" (não era um teste de conhecimento), tratava-se de desenvolver a habilidade de perguntar e de montar respostas. Dessa maneira, buscou-se provocar um compartilhamento de ideias e uma discussão em grupo sobre os conceitos básicos de Óptica.

A ideia, em linhas gerais, foi a de tornar os alunos ativos, fazendo-os sentirem-se parte do próprio processo de ensino e aprendizagem. Mas trata-se de um “fazer parte” ativo: através da escuta atenta dos questionamentos dos alunos, e também da formulação de novas questões por parte do professor, buscou-se sempre que possível um elo entre o que os estudantes revelavam que – em algum grau – sabiam, e o que estava sendo colocado para aprendizagem.

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, 2012, p. 2)

Em seguida, um jogo de tabuleiro conceitual de Óptica foi proposto e os alunos tiveram a oportunidade de revisar os conceitos emergentes de maneira divertida e descontraída, com a intenção declarada de provocar a aprendizagem.

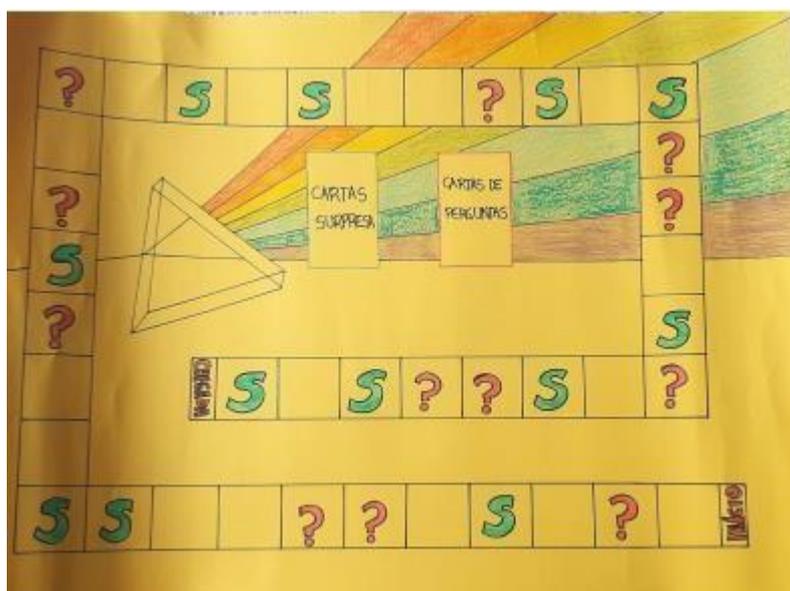


Figura 1 - Tabuleiro do Jogo Didático Conceitual de Óptica.

O jogo (Figura 1, e também no “Produto”, mais adiante) é uma criação da autora e será detalhado a seguir. O professor interessado neste trabalho terá – por certo – a autonomia para produzir ele mesmo seu jogo, que poderá ser igual ao que está sendo proposto, ou poderá ser adaptado, no grau desejado. O Professor poderá também produzir um jogo em sua maior parte diferente do que o que está sendo apresentado aqui, inclusive, voltado a um tema diferente. A estrutura básica do jogo poderá ser mantida, adaptada, ou inovada, segundo as necessidades que o Professor – usuário detectar.

Frequentemente, ouve-se a manifestação de Professores que, apesar de julgarem a ideia do jogo pertinente, não dispõem de tempo para produzir o material necessário. Nestes casos, uma saída é a de os grupos, eles mesmos, fabricarem a estrutura necessária para os jogos didáticos (tabuleiro e fichas). Há aqui um dividendo didático relevante: os grupos jogarão com um material fabricado (em parte ou totalmente) por eles mesmos, o que será, por certo, motivador. Em qualquer caso, o Professor interessado poderá acessar o endereço fornecido no produto (disponível mais adiante neste texto, ou na página do PPGECiMa – UCS), no qual estão disponibilizados os arquivos em pdf das cartas do jogo, e mesmo o tabuleiro. Este material poderá ser impresso, por exemplo, na Escola, utilizado, e guardado para utilizações posteriores.

A próxima etapa da sequência didática consistiu na proposição de problemas, experimentos e simulações, escolhidos de modo a responder – dentro do possível, e segundo as disponibilidades da pesquisadora – tanto a perguntas vindas dos alunos na primeira etapa da sequência didática, quanto como complemento às diretivas das cartas do jogo. O leitor notará que a etapa 4 está “entremeada” com a etapa 3, quer dizer, em determinado momento do jogo, a professora interrompia a atividade de jogos e propunha, seja uma simulação, seja um experimento, de modo a elucidar a instrução de uma determinada carta, “pescada” por um determinado grupo. É importante salientar que a exploração efetuada foi direcionada, tanto o grupo a partir do qual foi gerada a interrupção momentânea do jogo, quanto aos demais presentes. Cada uma destas explorações foi iniciada com a leitura da carta, seguida pela experimentação, ou

exploração do simulador. Com isso, foi possível obter um maior aprofundamento do conteúdo proposto.

Durante a execução das explorações referidas acima, a pesquisadora instigou os alunos a realizarem algo próximo a uma computação desplugada, no sentido de valorizar a abordagem deles para solução do que o resultado, considerado isoladamente. (Alguns destes problemas serão detalhados mais adiante, a título de exemplo). Os alunos foram alertados, por diversas vezes, desta premissa importante: é mais importante apresentar dois ou três caminhos possíveis para a solução de um problema, do que uma única solução, eventualmente produzida de forma mecânica.

O simulador de experimentos “PhET Colorado” (Figura 2) foi utilizado, também dentro desta premissa, para trabalhar com os conceitos de difração e interferência. (Também serão detalhados alguns exemplos de uso do simulador, a seguir).

Foi prevista também, como 5ª. Atividade da sequência, a construção de mapas mentais através de um software, acessado no site GoConqr (<https://www.goconqr.com/pt-BR/mapas-mentais/>). A ideia era a de promover uma síntese adicional do que foi estudado. O referido software, entretanto, não foi utilizado, por falta de tempo hábil para tal (Dito de passagem, esta “falta de tempo” deveu-se predominantemente ao interesse demonstrado pelos estudantes nas atividades práticas, com o conseqüente tempo adicional dedicado a elas). A tarefa, tal como descrito a seguir, acabou sendo realizada sem o uso do software, por meio de mapas produzidos pelos alunos, nos seus cadernos, manualmente. Alguns resultados desta atividade serão apresentados mais adiante, no capítulo “resultados obtidos”. Os estudantes receberam orientações a respeito do mapa mental, o que ele é, como construí-lo, o que ele pode propiciar, e assim por diante. Em síntese, e para que o leitor menos familiarizado com o tema possa acompanhar de forma mais proveitosa esta explanação, segue uma breve descrição: um mapa mental é “uma ferramenta dinâmica e estimulante que contribui para que o pensamento e o planejamento se tornem atividades mais inteligentes e rápidas. A criação de um mapa mental é um método inovador que permite explorar os infinitos recursos do cérebro, tomar decisões apropriadas e entender nossos sentimentos” (BUZAN, 2009). Mapas mentais podem apresentar evidências da forma

de pensar de cada indivíduo, o que faz com que quem o produza tenha a oportunidade de aprimorar seu potencial individual e fazer conexões lógicas para que as informações estudadas sejam administradas com eficiência.

Sistematizando, é apresentada a seguir a tabela 1, na qual as cinco etapas da sequência didática aqui proposta são resumidas, bem como as datas nas quais estas atividades foram realizadas.

Tabela 1. Passos da sequência didática.

| | Data do encontro | Atividade |
|---------------|------------------|---|
| Atividade 1 | 07/11/2022 | Pesquisa em grupos sobre conceitos de óptica (ondas eletromagnéticas, velocidade da luz, representações da propagação da luz, e outros. |
| Atividade 2 | 07/11/2022 | Produção, em grupos, de uma síntese dos resultados da pesquisa. Apresentação desta síntese aos colegas. |
| Atividade 3/4 | 09/11/2022 | Jogo conceitual: explanação e execução do jogo, em grupos. |
| Atividade 3/4 | 10/11/2022 | Simulações, explorações, experimentação. Proposição de problemas, associados às simulações e (ou) experimentos exploratórios. Estas atividades ocorreram em momentos intercalados com o jogo, escolhidos pela pesquisadora. |
| Atividade 5 | 11/11/2022 | Produção, individual, de mapas mentais. Relato das percepções sobre a sequência didática (individual e em grupos) |

A seguir, serão apresentados dois exemplos escolhidos de como problemas, simulações, ou ambos, ocorrendo de forma concomitante, podem ser formulados. (O mais correto seria talvez chamar o que será apresentado a seguir de “explorações”, em vez de “problemas”. Mas a nomenclatura “problema” também se justifica porque estas atividades contêm invariavelmente, um problema. Na verdade, um não, uma sequência deles. Feito este esclarecimento, manteremos a seguir a expressão convencional “problema”.

Estes problemas foram pensados de forma a, sempre que possível, propiciar

oportunidades aos alunos de “pensar computacionalmente”, como referido anteriormente.

3.1. Exemplos de problemas propostos.

Primeiro exemplo de problema, sobre a propagação da luz. Problema: Considere a figura a seguir (figura 2). Imagine que apenas o ponto “a” esteja emitindo luz. Imagine também que a luz se propaga em linha reta, na forma de raios. Pense, troque ideias com seus colegas de grupo, e depois, execute as tarefas e responda às questões.

Tarefa 1: Desenhe alguns dos raios que emanam do ponto “a”. Use régua e uma caneta vermelha.

Pergunta 1: algum destes raios conseguirá sair da caixa? Em caso afirmativo, você pode desenhá-lo? Note que a caixa é toda fechada, exceto por um pequeno orifício, que aparece na figura. A lâmpada está dentro da caixa. Para responder a esta pergunta, use a régua e a caneta vermelha. Este raio que sai (supondo que algum saia) atingiria qual ponto na tela? (1, 2, 3, 4, 5 ou 6? Ou vários destes pontos?)

Tarefa 2. Mesma da tarefa 1, só que agora em relação ao ponto “b” da lâmpada. Desta vez, use uma caneta azul.

Pergunta 2: É a mesma da pergunta 1, só que desta vez relativamente ao ponto “b”.

Pergunta 3. Com base nas respostas às perguntas 1 e 2, você acha que, se todos os pontos da lâmpada emitissem luz, sob forma de raios, apareceria alguma coisa na tela? Note que a “computação” que está sendo feita neste problema consiste em desenhar linhas, com cuidado e utilizando a régua. Note que sim, esta é uma forma de “calcular”. Os especialistas da óptica e da computação chamam isto de “traçado de raios”.

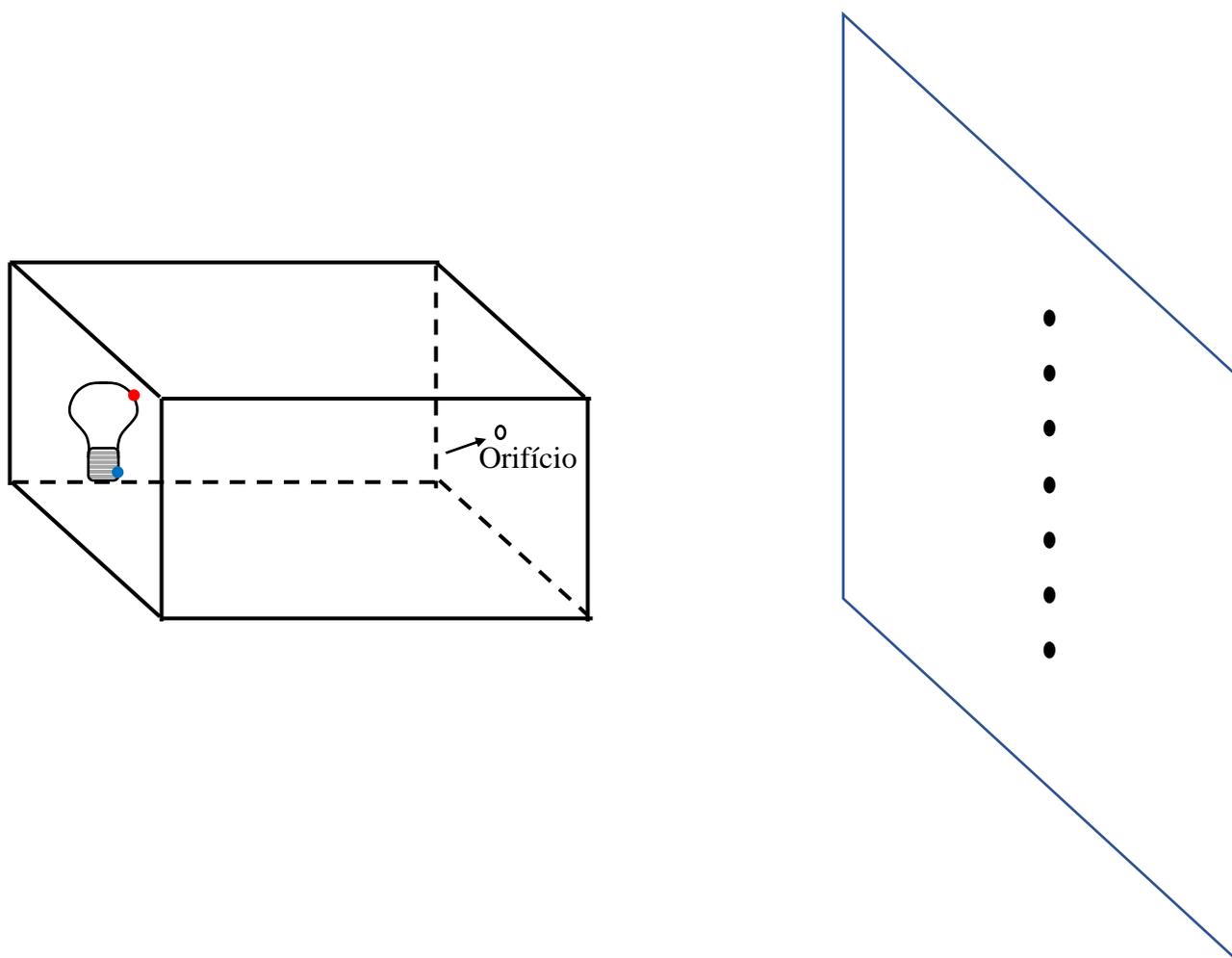


Figura 2. Problema 1: traçado de raios e formação de imagens numa câmara escura.

Pergunta 4. *(Nota aos leitores: Esta pergunta só deve ser feita após os estudantes terem explorado, na sala escurecida, a formação de imagens por meio de uma câmara escura. Nas conclusões, há imagens dos estudantes trabalhando com uma câmara escura: figura 18, imagem à direita, acima, e imagem à esquerda, abaixo.).* Bom, você deve ter percebido que a pergunta anterior não é exatamente fácil! Então, para tornar tudo mais empolgante e divertido, faremos uma experiência, chamada na Física de “câmara escura”. (Nota da autora: depois de feita a exploração experimental, a pergunta seguinte certamente terá sido feita, sob diferentes formas, pelos próprios alunos) Porque a imagem é invertida? Dá para responder a esta pergunta com base nas

respostas às questões 2 e 3?

Pergunta 5. E porque a imagem é tão “fraquinha”?

Pergunta 6. Porque o buraco tem que ser pequeno? (Nota da autora: os alunos podem confrontar suas respostas abrindo um buraco maior e observando o que ocorre).

Pergunta [...] (Coloque sua pergunta aqui!)

Cabem alguns comentários adicionais a respeito deste problema. O professor que realizará esta atividade verá que, se os alunos se sentirem a vontade para tal, um grande número de perguntas surgirá. Algumas delas (tal como a de ver o que ocorre se o buraco for aumentado) pode ser imediatamente testada e respondida, de forma experimental (abrindo mais o buraco, com um lápis, por exemplo) e (ou) gráfica.

Outras não serão, possivelmente, passíveis de experimentação em sala de aula, pelo menos não com os recursos (tanto materiais quanto de tempo) disponíveis. O professor dirá exatamente isto aos estudantes. É possível que, em alguns casos, surja uma pequena frustração. Mas esta (pequena, insistimos) frustração, é plenamente compensada pela curiosidade que é despertada neles.

Outras questões podem ter uma resposta encaminhada pelo professor. Por exemplo, é comum os participantes perguntarem se o olho humano forma imagens desta forma. O professor poderá imediatamente responder que não, o olho humano possui um sistema óptico que pode (a grosso modo) ser comparado às lentes da câmara de um telefone celular. Desta forma, muito mais raios poderiam passar pela abertura, que é muito maior que a do buraco de uma agulha na caixa, e com isto a imagem não fica tão fraquinha, quanto a da câmara escura.

Por fim, nunca é demais insistir: desenhar, e desenhar cuidadosamente com régua, pode sim ser uma forma de “computação”! Os alunos não costumam pensar desta forma (e nem mesmo muitos professores!), mas o fato é que muitas respostas foram produzidas, por meio destas construções gráficas. Dá para compreender que a imagem obtida desta forma é invertida, é fraca porque apenas alguns poucos dos (muitos) raios que emanam da lâmpada “acertam” o burquinho e saem, dois (ou mais)

buraquinhos produzirão duas (ou mais) imagens, e assim por diante. Isso não é “computar”? Sim, por certo! (O leitor curioso poderá consultar o produto de um mestrado profissional, voltado à câmara escura: Oliveira, S. F., 2017).

Segundo exemplo de problema, baseado na exploração do simulador PhET “Interferência de ondas”, em https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_all.html?locale=pt_BR

Antes de apresentar o segundo exemplo de problema proposto aos participantes, cabe apresentar ao leitor, de forma resumida, algumas imagens cujas legendas contém o essencial do assim chamado “princípio de Huygens” (figuras 3 e 4), no qual a premissa básica é a de que a frente de uma onda, por mais complexa que ela possa ser, pode ser imaginada decomposta em “ondículas” circulares. Para não tornar esta exposição excessivamente longa, apresentaremos a seguir apenas algumas figuras e suas legendas, bem como uma referência bibliográfica.

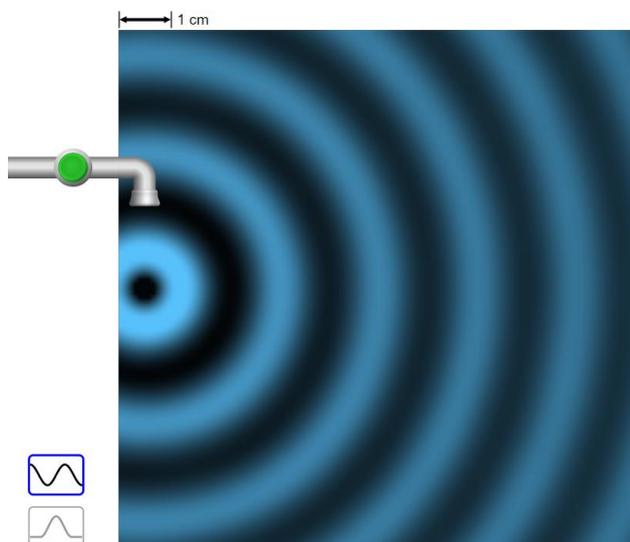


Figura 3. Ondas circulares, propagando-se na superfície da água, produzidas por “pingos” que caem em intervalos de tempo igualmente espaçados. (Imagem retirada do simulador PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_all.html?locale=pt_BR)

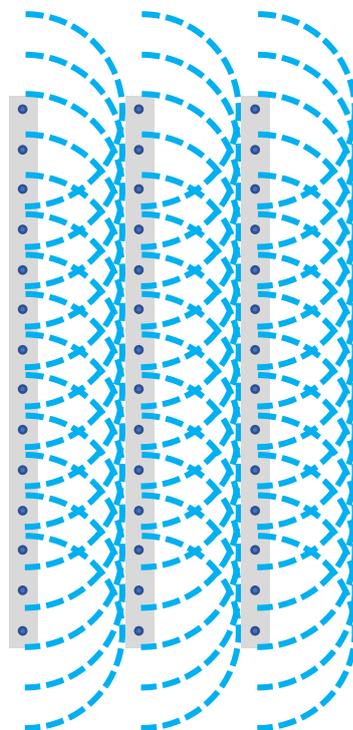


Figura 4. (Baseada na figura 6 do Treatise on Light, HUYGENS, 1690). A onda plana mais à esquerda, é imaginada como sendo formada por um grande número de ondículas circulares, que emanam da onda imediatamente à direita, e assim por diante. Imagem produzida pela autora)

Bem, vamos agora ao problema 2:

Problema 2. Acesse o PhET – Interferência de ondas

(https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_all.html?locale=pt_BR) e produza a imagem abaixo (fig. 5). Para isto, selecione a opção “fendas” e selecione em seguida “sem barreira”. Peça ajuda aos colegas e (ou) à Professora caso tenha dificuldade. Ligue o gerador de ondas. Ficou parecido com a figura 5? Ótimo, vamos à próxima etapa.

Agora, a pergunta é quase como se fosse uma “adivinhação”, mas baseada no que aprendemos há pouco, o princípio de Huygens. Veja a figura 6 (não a produza ainda no simulador!). Qual seria a forma da onda plana, depois de passar pela abertura da barreira? (Nota da pesquisadora: é importante que os alunos não tenham acesso à

figura 7 antes de terem produzido suas próprias respostas! Os alunos são provocados a tentar justificar suas respostas, que poderão ser sob a forma de um desenho (pode ser feito apenas um esboço) no qual apareça a argumentação deles.)

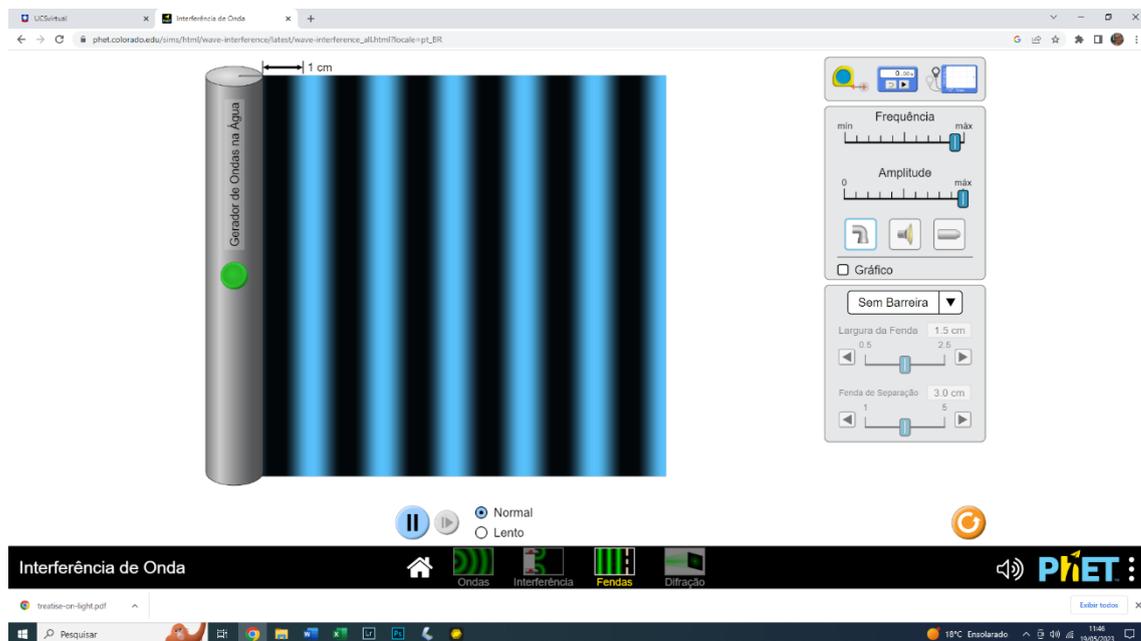


Figura 5. Ondas planas na superfície da água, em um tanque.

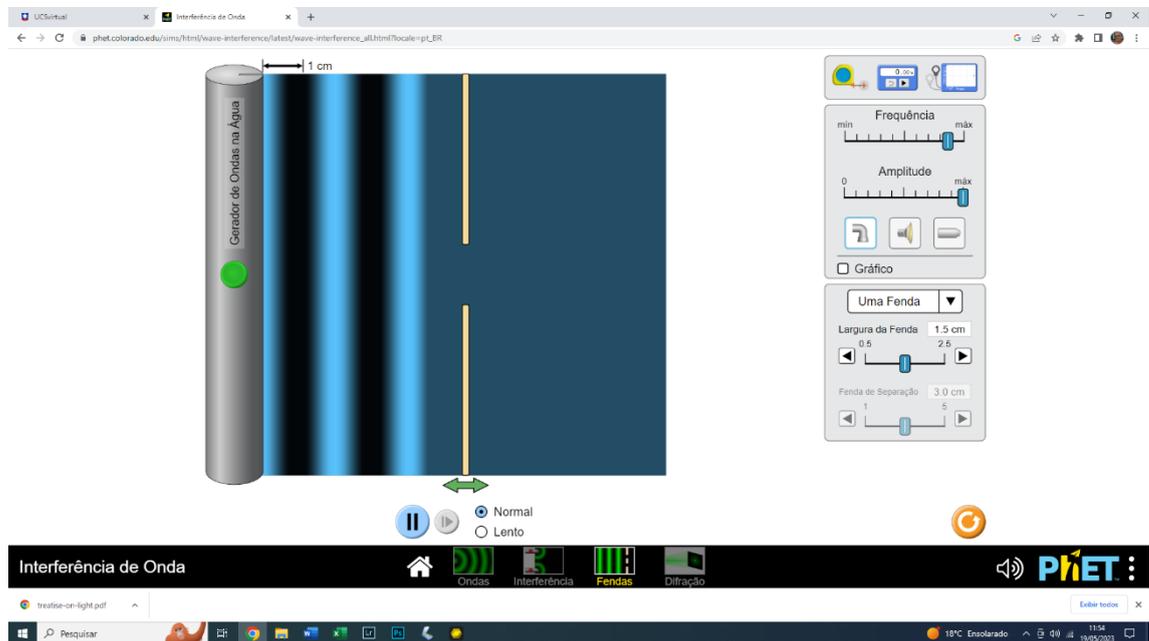


Figura 6. Algumas ondas planas prestes a atingir a barreira, na qual há uma abertura. Qual a forma da onda que você acha que irá aparecer depois de uma parte da onda passar pela abertura? Troque suas ideias com os colegas, e estabeleçam uma resposta “do grupo”.

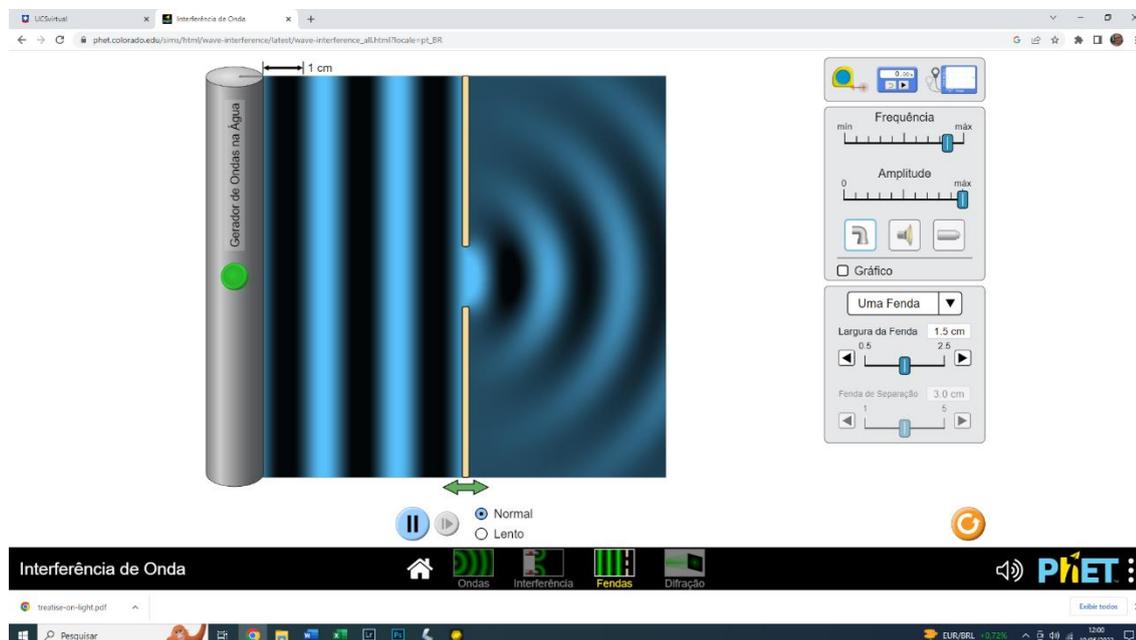


Figura 7. Surpreendentemente, a frente de onda, que era plana antes de passar pela abertura, fica circular depois de ter passado! Ou talvez nem seja tão surpreendente, se pensarmos que é como se apenas uma daquelas ondículas circulares da figura 4 tivesse conseguido passar pela abertura.

Tarefa 1. Agora, produzam a imagem da figura 6, deixando as ondas passarem pela abertura. Confiram: era o que vocês esperavam?

O leitor perceberá que, neste segundo exemplo (chamado um tanto arbitrariamente de “problema”), o estudante é convidado a “resolver”, simulando um procedimento experimental de laboratório, uma questão experimental (como a onda de água se comporta ao passar por uma abertura estreita?) Para esta resolução, o estudante necessitará lançar mão de um modelo, conhecido na literatura da óptica ondulatória como “princípio de Huygens”.

3.2. Algumas atividades experimentais

Após esta exploração, um questionamento poderá surgir: “sim, com a água é assim que funciona. Mas será assim também com a luz?” Para encaminhar esta questão, foram realizadas três atividades: a primeira, por meio do simulador PhET

apresentado na figura 7, mas desta vez explorado a partir da janela “difração”. Ela será descrita brevemente a seguir. Em seguida, é feita a observação deste mesmo efeito utilizando uma fenda estreita. Na segunda atividade experimental, é utilizado um laser da Arduino[®], e um pedaço de CD gravável; algumas imagens desta observação serão apresentadas. Na terceira atividade experimental, este pedaço de CD gravável será empregado para a obtenção de imagens de diferentes fontes de luz.

Atividade experimental 1. A luz passando por aberturas estreitas. Abra agora o simulador PhET “interferência de onda” na janela “Difração”. Nesta janela, na parte superior, um laser virtual é disponibilizado. O comprimento de onda deste laser (a “cor” dele) pode ser ajustado no simulador. Mais abaixo, à esquerda, aparecem diferentes aberturas: círculo, quadrado, círculo e quadrado, e outras. Selecione, por exemplo, o quadrado. A seguir, ajuste o quadrado para a menor largura possível, o que o transformará num retângulo estreito. Ajuste também a altura para o seu maior valor, de tal sorte que o retângulo se assemelhará bastante a uma fenda, estreita. Por fim, ajuste o comprimento de onda para 650 nm (este é aproximadamente o comprimento de onda do laser Arduino[®], que será apresentado a seguir). O resultado aparece na figura 8, abaixo.

Os alunos, neste ponto, certamente argumentarão: “*bom, mas isso é um simulador. É assim também na vida real?*” A atividade a seguir consistiu na observação da chama de uma vela, a uma distância de dois ou três metros, através de uma fenda estreita (menos de 0,5 mm de abertura). Cada dupla de alunos recebeu uma fenda, recortada da parede de uma lata vazia de refrigerante, e colada numa moldura de papelão, tal como pode ser visto na figura 9. O resultado é surpreendente. A imagem da vela através da fenda aparece alargada, e cercada pela esquerda e pela direita por “manchas” longitudinais, iridescentes, paralelas à imagem da chama (figura 9).

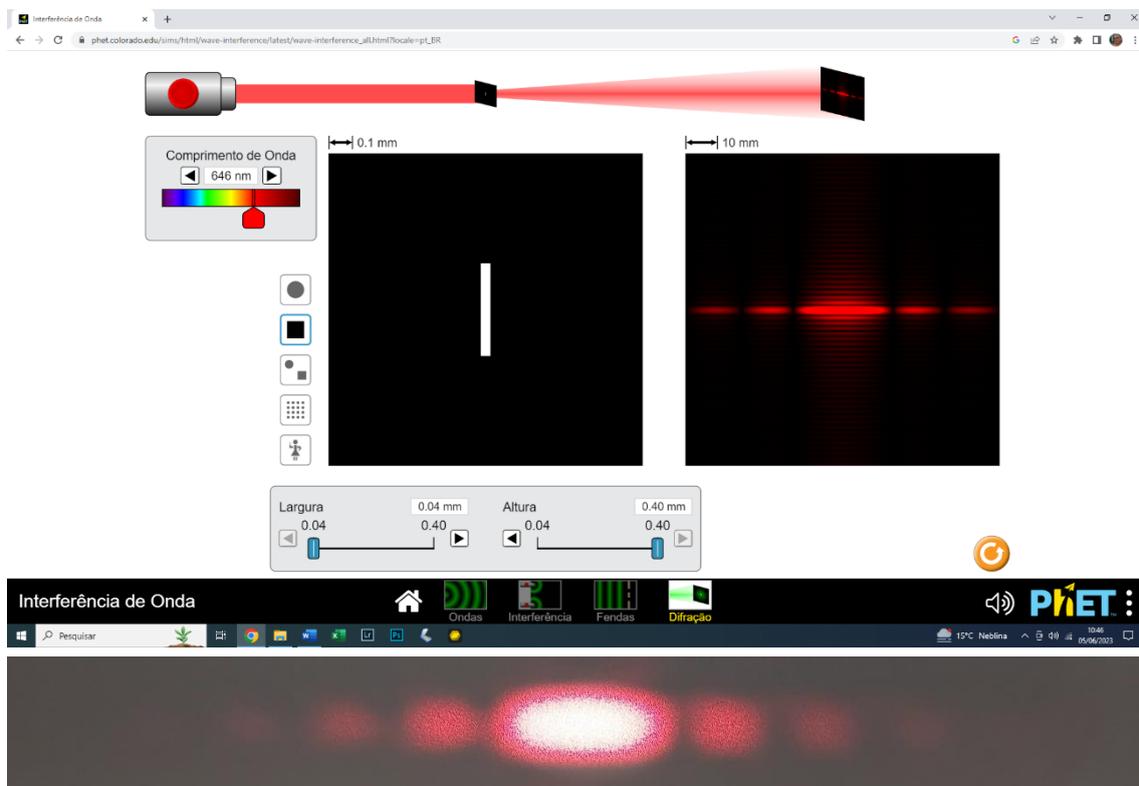


Figura 8 (acima). No simulador PhET “Interferência de Onda”, a luz de um laser passa por uma fenda estreita. O resultado é surpreendente: em vez de o feixe laser aparecer estreitado, ele aparece alargado. Mais do que isso, aparecem “máximos” de luz, à esquerda e à direita. Estes máximos ficam cada vez mais fracos na medida em que se distanciam do centro da figura. (Abaixo) Imagem “real” da difração da luz em uma fenda estreita (produzida pela autora, com um laser HeNe).



Figura 9 – A imagem de uma vela, fotografada através de uma fenda de aproximadamente 0,4 mm de largura (à esquerda). A fenda, recortada a partir de uma lata de refrigerante, aparece à direita). Note que é como se a imagem, contra intuitivamente, ficasse mais larga ao ser observada através de uma fenda estreita¹.

Atividade experimental 2: a luz de um laser “atravessando” um CD. Continuemos esta exploração – breve e preliminar - do impressionante caráter ondulatório da luz. O recurso experimental consiste agora de um laser Arduino[®] de baixa potência (5 mW), cujo feixe passa através de um tubo de vidro de 8 mm de diâmetro. O tubo faz o papel de uma lente cilíndrica, fazendo com que a luz do laser “trace” uma linha reta sobre um papel (sobre o qual foi impresso um transferidor)². Nesta exploração, a luz do laser passa através de um pedaço de CD gravável, do qual foi retirada a película de proteção, por meio de fita adesiva (ver F. Catelli e S. Pezzini, 2002). De modo resumido, cole fita adesiva larga sobre toda a superfície de um CD gravável (a etiqueta, na qual se escreve o conteúdo da gravação). Aperte bem a fita contra o CD. A seguir, recorte (com uma tesoura grande) o CD em, digamos, 8 pedaços, como se cortaria uma pizza. Retire a fita adesiva de um destes pedaços: a “etiqueta” descola junto com a fita adesiva, e o pedaço de CD ficará transparente. (Não coloque os dedos sobre a superfície do CD, pegue-o pelas bordas, ou pela parte central, mais estreita). Veja a parte superior da figura 11. A figura 10, abaixo, mostra mais um efeito inesperado, e que deixa os alunos

¹ Imagem retirada de F. Catelli; Giovannini, O. e S. F. Oliveira, do artigo intitulado “Estudo de uma estratégia pedagógica voltada à exploração de conceitos científicos: o caso da câmara escura”, submetido e aceito para publicação na EENCI (Experiências em Ensino de Ciências), 2023.

² São facilmente encontrados no mercado eletrônico os chamados “lasers linha”, que já propiciam o traçado de luz como o da figura 10. Eles podem ser alimentados por pilhas comuns, e seu custo é baixo.

bastante surpresos: aparecem feixes de luz acima e abaixo do feixe (dois acima e dois abaixo, o segundo bastante fraco).

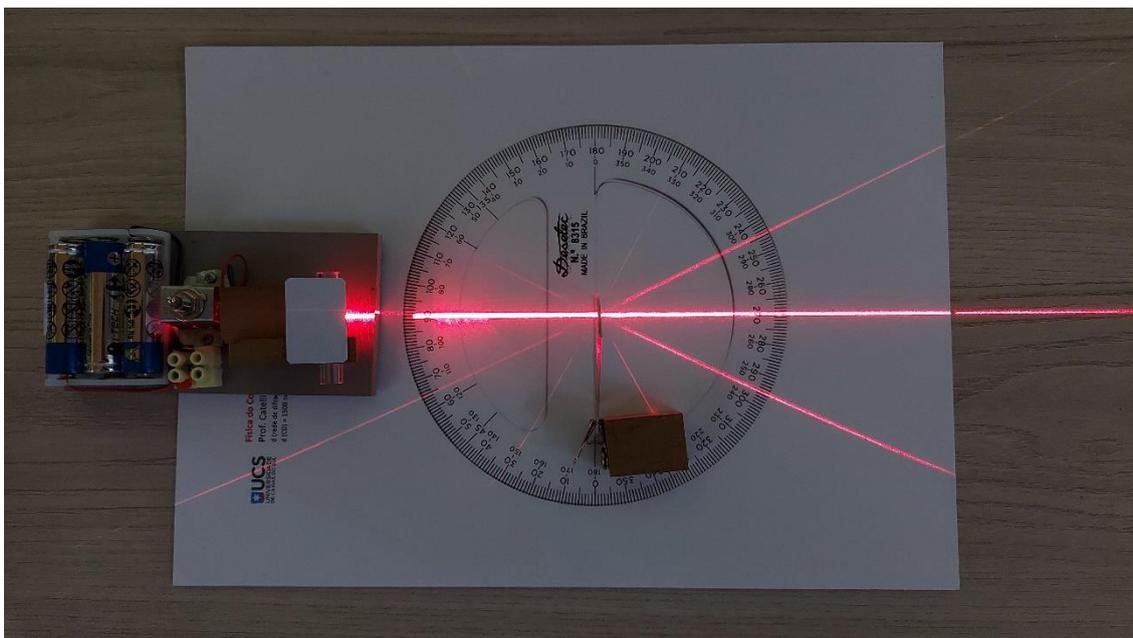


Figura 10. Difração da luz de um laser de diodo através de um pedaço de CD gravável, com a película de proteção retirada. O feixe de laser passa através de uma lente cilíndrica (um tubo de vidro), e com isso a luz “traça” uma linha na folha de papel com um transferidor impresso. O pedaço de CD está na vertical, sobre a linha do 0° do transferidor, no centro deste. Note as linhas de dispersão da luz (são visíveis duas acima do feixe principal, e duas abaixo). Também são visíveis linhas de dispersão da luz por reflexão.

A pergunta que surge imediatamente é: porque estes feixes de luz aparecem? A explicação preliminar dada aos alunos é a de que a luz passa pelas trilhas do CD (da ordem de 700 por mm de largura!) e que assim, “réplicas” do traço principal de luz aparecem. Dito de modo (muito) simplificado, é como se a luz do laser passasse por centenas de fendas como aquela da figura 9. Só que agora, estas “fendas” são muito mais estreitas e estão muito mais próximas umas das outras. Estes traços aparecem também por reflexão, o que pode ser notado também na imagem da figura 10. A ideia era mesmo esta: impressionar e motivar os alunos para o tema em estudo. O comportamento da luz é mesmo bastante estranho, não é?



Figura 11. À esquerda, um CD, com sua etiqueta recoberta por fita adesiva larga, tem um pedaço recortado, por meio de uma tesoura grande. A película (etiqueta) sai junto da fita adesiva, com facilidade, como pode ser visto na imagem. A imagem à direita foi obtida com o pedaço de CD recortado, com sua etiqueta retirada, colocado em frente à lente da câmera de um telefone celular.

Atividade experimental 3. A luz de lâmpadas fotografada através de um CD. Por último, e aproveitando os pedaços de CD recortados como descrito acima, os alunos são convidados a fazer fotos de uma fonte de luz com seus telefones celulares (se os alunos não possuírem telefones celulares, a professora pode fazer mesma as fotos e mostrar a eles).

A diferença é a de que esta foto será feita com o pedaço de CD, sem a película, colocado em frente à lente da câmara do telefone. O resultado, é novamente surpreendente, espetacular, mesmo. Veja a imagem à direita, na figura 11.

3.3. O jogo de tabuleiro

O jogo didático que será apresentado é um jogo de tabuleiro que aborda conceitos básicos de Óptica. É um jogo de perguntas e respostas em que o jogador que chegar primeiro ao fim do circuito (casa “Chegada”), ganha.

Para a construção do tabuleiro são necessários cartolinas (para construir um tabuleiro por grupo, e para colar no verso das cartas), papel adesivo Contact[®] transparente (para plastificar as cartas), giz de cera ou lápis de cor, lápis de escrever, canetinhas e caneta preta. Para os peões, pode-se usar botões ou qualquer outro material que sirva para o mesmo fim. É necessário também um dado de seis faces por grupo.

O tabuleiro aqui proposto contém 42 casas, uma delas sendo a casa “Início” e outra, a casa “Chegada”. Desse modo, sobram 40 casas para serem divididas em 12 casas perguntas, 12 casas surpresa e 16 casas vazias, ver figura 12. As casas perguntas foram escolhidas para ser da cor rosa e as casas surpresa da cor azul. Bem entendido, a escolha das cores é arbitrária, e pode ser modificada, ao gosto de quem “fabrica” o jogo. O verso (“ss costas”) das cartas deve seguir o mesmo padrão de cores, para que possam ser diferenciadas e reconhecidas facilmente.

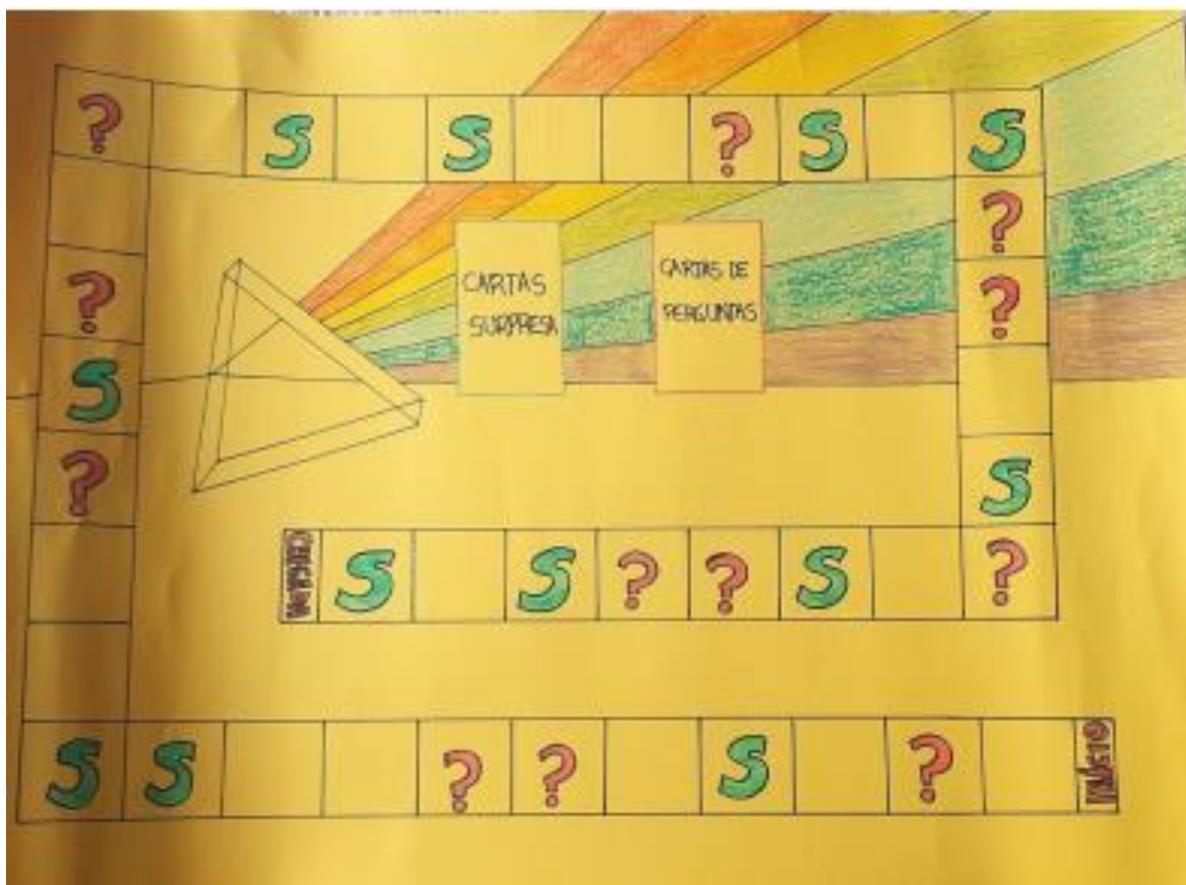


Figura 12. Tabuleiro, jogo conceitual de óptica. As casas “S” indicam que uma carta da pilha “cartas surpresa” deve ser retirada; nas casas “?”, uma carta de perguntas deve ser “pescada”.

Cada participante escolhe um peão (botão) e define-se a ordem de jogada entre os participantes para poder começar o jogo. Um integrante do grupo será o responsável por zelar para que os participantes cumpram o que as cartas informam; este integrante estará também de posse das respostas das perguntas.

Existem três tipos de casas:

- Casas Vazias: se um jogador cair ali, nada acontece e automaticamente a vez de jogar passa para o próximo jogador;

- Casas Surpresa (Figura 13) são representadas pelo ícone de letra “S”: quando um jogador cai em uma casa surpresa, ele deverá tirar uma carta do monte de cartas surpresa, ler a informação em voz alta para todos os participantes e cumprir o que a carta informa. As cartas de “Sorte” ajudam os jogadores a cumprir o seu objetivo de ganhar o jogo, fazendo-os avançar casas no tabuleiro. As cartas de “Azar”, dificultam o avanço dos jogadores pelo tabuleiro, fazendo-os voltarem casas. Ao cumprir o que a carta está especificando, o jogador passa a vez.

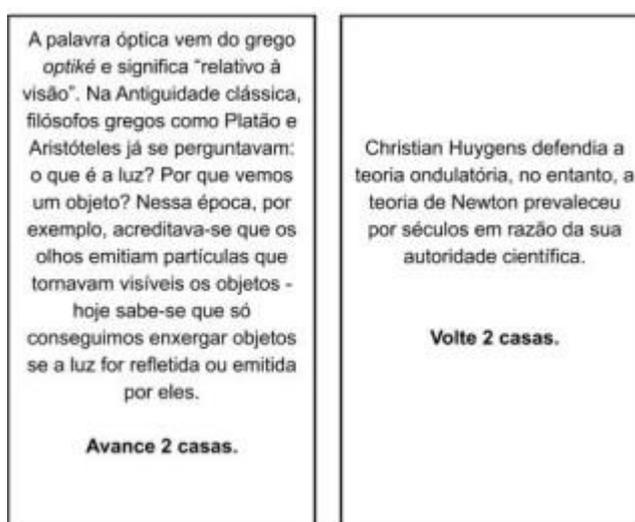


Figura 13 - Exemplo de cartas surpresa, uma indica Sorte e a outra, Azar. (Veja no produto educacional o conjunto completo das cartas)

- Casas Perguntas (Figura 14) são representadas pelo ícone “?”: quando um jogador cair em uma casa pergunta, deverá pegar uma carta do monte de cartas pergunta e ler em voz alta a pergunta e as alternativas. Após a resposta do jogador, o integrante que é responsável pelas respostas deverá dizer se o jogador acertou ou errou a resposta. Neste momento, é possível que este integrante consulte a internet ou um livro para que a compreensão e a aprendizagem do texto da resposta sejam maiores. O número de casas que o jogador deve avançar ou voltar depende da pergunta e está especificado nas cartas perguntas.

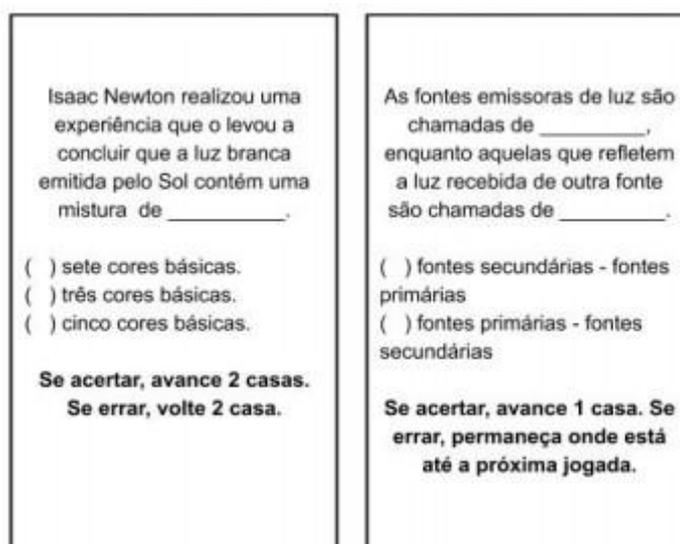


Figura 14 - Exemplos de cartas pergunta.

Através desse jogo de tabuleiro conceitual de Óptica, os estudantes conseguem retomar o que foi pesquisado e o que foi discutido no grande grupo. Uma grande quantidade de dúvidas pode aparecer ao longo da sequência didática. Isto é normal, e mais do que isso, desejável: cabe ao professor utilizar seu papel de mediador da melhor forma possível para atender as demandas da turma. Convém notar, adicionalmente, que “mediar” inclui, além de responder a perguntas, provocar os estudantes acerca de novas situações potencialmente interessantes para eles.

4. PRODUTO EDUCACIONAL

4.1. Introdução

Percebe-se que os professores e a escola vêm sentindo a necessidade de repensar o ato educacional. Na área da educação, a inovação pedagógica está contribuindo progressivamente para o processo de ensino e aprendizagem, pois é notório que os alunos estão cada vez mais desmotivados com os estudos. Este fato é agravado no ensino atual de Física porque, além da falta e/ou despreparo dos professores, o ensino de Física se baseia em uma reprodução mecânica dos conteúdos.

A aprendizagem significativa é aquela em que o professor tem um papel de mediador, sempre se utilizando do conhecimento prévio do aluno para a aquisição de novos conhecimentos, e o aluno se torna um pesquisador, ativo no seu processo de aprendizagem. Nesse desenvolvimento contínuo, os conhecimentos já existentes adquirem novos significados o que torna a aprendizagem relevante e permanente.

Para que uma aprendizagem significativa ocorra é necessário que o aluno esteja disposto a aprender e que o conteúdo escolar seja potencialmente significativo. Para que isso aconteça, o professor precisa criar maneiras de fazer com que seus alunos despertem neles mesmos a ânsia pelo conhecimento. Isso resultará em uma aprendizagem ativa e totalmente diferenciada para preparar os estudantes para a vida, já que eles não podem, e não devem, se tornar escravos de uma abordagem tradicional na qual não são o centro do processo de aprendizagem.

Quando se aplica atividades lúdicas em aulas de Física, ao invés de apenas repetição de exercícios, torna-se possível motivar os alunos para o aprendizado dos conteúdos desta disciplina extremamente relevante de maneira dinâmica e divertida. O lúdico é um método insubstituível para o estímulo do desenvolvimento do conhecimento e, também, de inúmeras habilidades e competências sociais e cognitivas.

Desta forma, a aplicação de um jogo didático de tabuleiro em uma sequência didática é uma ótima oportunidade para que os estudantes consigam desenvolver de maneira integral suas potencialidades.

4.2. Sequência didática

A sequência didática foi planejada para acontecer em quatro aulas de 50 minutos ou conforme o cronograma que a escola disponibilizou à professora - pesquisadora. Bem entendido, seria possível (e até desejável) executar esta sequência ao longo de um período maior de tempo; o leitor poderá, facilmente, incluir problemas, experimentos práticos e atividades com simuladores de modo a preencher o tempo disponível, eventualmente maior. A melhor forma de promover este aumento, segundo a percepção da autora, é a de intercalar com o jogo os momentos de exploração, seja com experimentos, seja com o simulador, seja com a proposição de problemas.

AULA 1: Pesquisa dos conceitos básicos de Óptica (onda eletromagnética, luz, velocidade da luz, raio de luz, feixe de luz, fontes de luz, meios ópticos, sombra, penumbra, reflexão, refração, difração, interferência, cores e filtros). Para esta pesquisa, o professor pode reservar o laboratório de informática ou liberar os alunos para que façam o uso do celular. Os conceitos são então sorteados para grupos de, tipicamente, cinco integrantes. O número de alunos por grupo dependerá, bem entendido, do número total de alunos na turma.

AULA 2: Apresentações das sínteses produzidas pelos grupos (até 10 minutos para cada apresentação). Neste momento, é recomendável que o professor faça comentários para aprofundar o assunto, sem, entretanto, monopolizar excessivamente a palavra. Esta é também uma excelente ocasião para argumentar com os estudantes que, quanto mais perguntas eles fizerem ao grupo apresentador, melhor será a compreensão de todos – quem pergunta e o grupo que apresenta – sobre o assunto em voga.

AULA 3/4: Aplicação do jogo de tabuleiro conceitual de Óptica (veja a explicação mais detalhada na seção 4-3, a seguir). O professor tem a autonomia para produzir ele mesmo seu jogo, que poderá ser igual ao que está sendo proposto, ou poderá ser muito parecido, porém com adaptações que o professor quiserá fazer, ou, por fim, o professor poderá produzir um jogo em sua maior parte diferente do que o que está sendo apresentado aqui. Se houver tempo disponível em sala de aula, os grupos podem eles mesmos fabricar os jogos didáticos.

Um aspecto importante, tanto da aula 3 quanto da aula 4 (por isto elas aparecem juntas na descrição da sequência) é o de que **as simulações e experimentos aparecerão intercalados com o jogo de tabuleiro**. Para tal, o jogo será interrompido em momentos escolhidos pelo professor / professora, para que sejam propostas as simulações e jogos. O “gatilho” para estas interrupções fica a critério do professor / professora. As interrupções mais comuns são as provocadas por cartas perguntas, ou perguntas feitas espontaneamente pelos participantes.

AULA 3/4 (continuação): Apresentação de simulações e experimentos que respondam perguntas vindas dos alunos ao longo das atividades e utilização do “PhET Colorado” (Figura 11) para trabalhar com os conceitos de difração e interferência. Por último, os alunos podem ser desafiados a construir um mapa mental através do site GoConqr (Figura P2), ou manualmente, para que consigam fazer a síntese do que foi estudado.

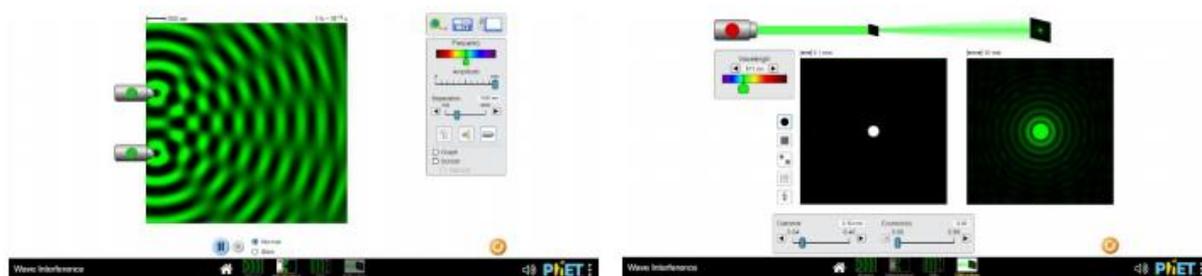


Figura P1 – “PhET Colorado” nas simulações de Interferência e Difração, respectivamente. (As figuras da sessão “Produto” serão identificadas com um “P” antecedendo o número)



Figura P2 – Site GoConqr para a produção dos mapas mentais.

4.3. Jogo de tabuleiro conceitual de óptica

O jogo didático é um jogo de tabuleiro que aborda conceitos básicos de Óptica. É um jogo de perguntas e respostas em que o jogador que chegar primeiro ao fim do circuito (casa “Chegada”) ganha.

Para a construção do tabuleiro são necessários cartolinas (um tabuleiro por grupo e para colar nas costas das cartas), papel adesivo Contact ® (para plastificar as cartas), giz de cera ou lápis de cor, lápis de escrever, canetinhas e caneta preta. Para os peões, pode-se usar botões ou qualquer outro material que sirva para o mesmo fim. É necessário um dado por grupo.

O tabuleiro deve conter 42 casas, uma delas sendo a casa “Início” e outra, a casa “Chegada”. Desse modo, sobram 40 casas para serem divididas em 12 casas perguntas, 12 casas surpresas e 16 casas vazias, vide Figura 3. As casas perguntas foram escolhidas para ser da cor rosa e as casas surpresa da cor azul, porém, as cores podem ser modificadas. As costas das cartas devem seguir o mesmo padrão de cores para serem diferenciadas e reconhecidas facilmente.

Cada participante escolhe um peão (botão) e define-se a ordem de jogada entre os participantes para poder começar o jogo. Um integrante do grupo será o responsável por cuidar

se os participantes estão cumprindo o que as cartas informam e estarão com as respostas das perguntas.

Existem 3 tipos de casas:

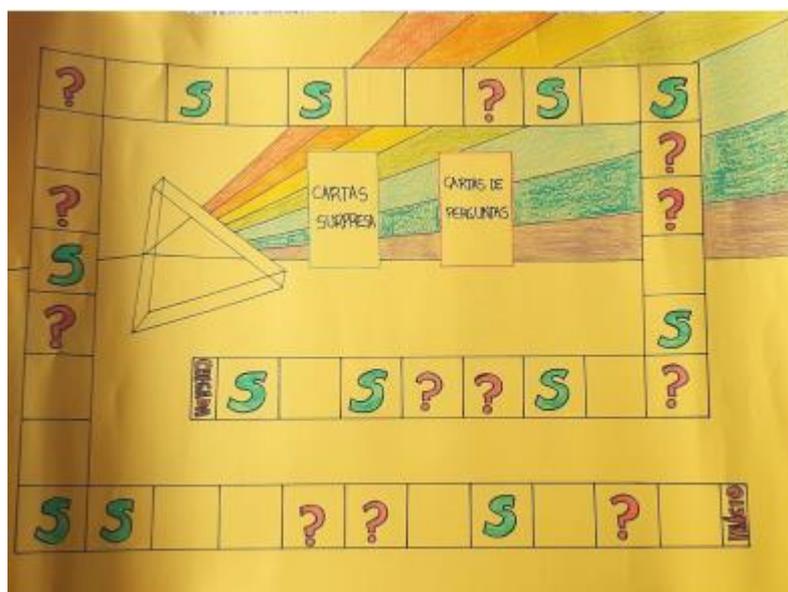


Figura P3- Um tabuleiro do Jogo Didático Conceitual de Óptica, reproduzido pelos estudantes.

- Casas Vazias: se um jogador cair ali, nada acontece e automaticamente a vez de jogar passa para o próximo jogador;
- Casas Surpresas (ícones são a letra “S”, conforme Figura 4): quando um jogador cai em uma casa surpresa, ele deverá tirar uma carta do monte de cartas surpresas, ler a informação em voz alta para todos os participantes e cumprir o que a carta informa. As cartas de “Sorte” ajudam os jogadores a cumprir o seu objetivo de ganhar o jogo, fazendo-os avançar casas no tabuleiro. As cartas de “Azar”, dificultam o avanço dos jogadores pelo tabuleiro, fazendo-os voltarem casas. Ao cumprir o que a carta está especificando, o jogador passa a vez.

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>A palavra óptica vem do grego <i>optiké</i> e significa "relativo à visão". Na Antiguidade clássica, filósofos gregos como Platão e Aristóteles já se perguntavam: o que é a luz? Por que vemos um objeto? Nessa época, por exemplo, acreditava-se que os olhos emitiam partículas que tornavam visíveis os objetos - hoje sabe-se que só conseguimos enxergar objetos se a luz for refletida ou emitida por eles.</p> <p>Avance 2 casas.</p> | <p>Christian Huygens defendia a teoria ondulatória, no entanto, a teoria de Newton prevaleceu por séculos em razão da sua autoridade científica.</p> <p>Volte 2 casas.</p> | <p>Muitos cientistas se entregaram à tarefa de explicar a natureza e o comportamento da luz. Experimentos de Leonardo da Vinci com câmaras escuras permitiam ampliar, inverter e mesmo fixar imagens. Galileu e Kepler construíram instrumentos ópticos e transformaram em lunetas, usadas na navegação, em nada menos que instrumentos para para desvendar os céus.</p> <p>Avance 1 casa.</p> | <p>Isaac Newton acreditava que a luz era formada por corpúsculos, e que os principais fenômenos óticos podiam ser explicados utilizando a teoria corpuscular.</p> <p>Avance 3 casas.</p> |
| <p>A primeira demonstração experimental de que a luz é uma onda foi realizada no ano de 1801 por Thomas Young. Isso comprovou o que Christian Huygens afirmava sobre a natureza da luz.</p> <p>Avance 3 casas.</p> | <p>Óptica geométrica é parte da Óptica que estuda a propagação da luz por meio dos raios de luz. Alguns fenômenos que essa área abrange são: propagação retilínea da luz, reflexão e refração da luz.</p> <p>Avance 2 casa.</p> | <p>Óptica física é a parte da Óptica que estuda o comportamento ondulatório da luz. Alguns fenômenos estudados por essa área são: polarização, interferência e difração da luz.</p> <p>Avance 3 casa.</p> | <p>Em relação aos desenvolvimentos tecnológicos, a idade antiga se restringiu aos fenômenos basicamente especulares.</p> <p>Volte 1 casa.</p> |
| <p>Al Hazem, físico e matemático iraquiano, teve seus trabalhos traduzidos por Robert Grosseteste. Este, afirmava que a lei de refração era: "o ângulo de refração é a metade do ângulo de incidência", porém estava equivocado.</p> <p>Volte 3 casas.</p> | <p>Galileu Galilei tentou medir a velocidade da luz, usando um experimento com duas lanternas separadas por uma grande distância. Contudo, os equipamentos usados não foram capazes de fazer tal medição.</p> <p>Volte 1 casa.</p> | <p>Platão acreditava que a luz era uma espécie de fogo divino, atribuindo a ela propriedades místicas. As tradições mitológicas influenciavam muito o pensamento ocidental até meados do século XVII. Mais tarde, outras correntes de pensamento quebram essa tradição grega.</p> <p>Volte 1 casa.</p> | <p>O renascimento da óptica é devido à Roger Bacon que sugeriu a utilização de lentes para compensar os defeitos visuais e iniciou a ideia de combinações de lentes para fazer um telescópio. Ele também estimou a respeito do arco-íris, afirmando que suas cores eram devidas à imagens do sol. Apesar de inúmeros trabalhos, não questionou a respeito da natureza da constituição da luz.</p> <p>Volte 1 casa.</p> |

Figura P4 - Cartas surpresa indicando Sorte ou Azar. (Conjunto completo das cartas surpresa)

- Casas Perguntas (ícones são o símbolo “?”), conforme Figura P5): quando um jogador cair em uma casa pergunta, deverá pegar uma carta do monte de cartas pergunta e ler em voz alta a pergunta e as alternativas. Após a resposta do jogador, o integrante que é responsável pelas respostas deverá dizer se o jogador acertou ou errou a resposta. O número de casas que o jogador deve avançar ou voltar, depende da pergunta e está especificado nas cartas perguntas.

| | | | |
|--|---|--|--|
| <p>Um grande opositor da teoria da luz defendida por Isaac Newton foi _____. Ele se posicionou a favor da teoria _____.</p> <p>() Christian Huygens - corpuscular () Albert Einstein - ondulatória () Christian Huygens - ondulatória</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 2 casas.</p> | <p>Albert Einstein propôs que a luz tem natureza dupla: é onda e _____ ao mesmo tempo.</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 3 casas.</p> | <p>Isaac Newton realizou uma experiência que o levou a concluir que a luz branca emitida pelo Sol contém uma mistura de _____.</p> <p>() sete cores básicas. () três cores básicas. () cinco cores básicas.</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 2 casa.</p> | <p>As fontes emissoras de luz são chamadas de _____, enquanto aquelas que refletem a luz recebida de outra fonte são chamadas de _____.</p> <p>() fontes secundárias - fontes primárias () fontes primárias - fontes secundárias</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> |
| <p>Quais das opções são meios transparentes?</p> <p>() ar () vidro () madeira () papel vegetal</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> | <p>Qual o valor oficial, adotado pela ciência nos dias de hoje, para a velocidade da luz no ar e no vácuo?</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, volte 1 casa.</p> | <p>Quais são os principais fenômenos ópticos observados quando um feixe de luz incide sobre a superfície de separação entre dois meios?</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.</p> | <p>Entre as alternativas a seguir, escolha aquela que contém apenas fontes primárias de luz.</p> <p>() Fósforo, Sol, Lua () Lua, Júpiter, Sol () Vela acesa, Sol, Lua () Estrelas, fósforo aceso, Sol</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> |
| <p>A figura apresenta um feixe de raios paralelos incidentes em uma superfície e os correspondentes raios emergentes. Isso representa uma:</p>  <p>a. reflexão b. refração c. difração</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada..</p> | <p>Uma fonte secundária de luz que se apresenta na cor azul possui tal cor porque:</p> <p>a. refrata a luz incidente b. reflete a luz azul c. difrata a luz azul d. absorve a luz azul</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 2 casas.</p> | <p>Diferencie raio de luz de feixe de luz.</p> <p>Se acertar ou errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> | <p>Algumas crianças, ao brincarem de esconde- esconde, tapam os olhos com as mãos, acreditando que, ao adotarem tal procedimento, não poderão ser vistas. Essa percepção da criança contraria o conhecimento científico porque, para serem vistos, os objetos</p> <p>a. são atingidos por partículas de luz (fótons), emitidas pelos olhos. b. refletem partículas de luz (fótons), que atingem os olhos. c. refletem partículas de luz (fótons), que se chocam com os fótons emitidos pelos olhos.</p> <p>Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 3 casas.</p> |

Uma sala está iluminada por uma lâmpada que emite luz monocromática vermelha. Entram nessa sala três jovens: Luís, Pedro e Maria. O primeiro veste uma camisa branca; o segundo, uma camisa verde; e a terceira, uma blusa vermelha. Um vez dentro da sala, de que cor é vista a camisa de Pedro, de Maria e Luís?

**Se acertar, avance 2 casas.
Se errar, volte 1 casa.**

Para que você consiga observar um eclipse solar, é necessário que o Sol, a Terra e a Lua:

a. estejam nos vértices de um triângulo durante a noite.
b. estejam alinhados durante o dia, com o Sol entre a Terra e a Lua.
c. estejam alinhados durante a noite, com a Lua entre o Sol e a Terra.
d. estejam alinhados durante o dia, com a Terra entre o Sol e a Lua.
e. estejam alinhados durante o dia, com a Lua entre a Terra e o Sol.

**Se acertar, avance 2 casas.
Se errar, volte 1 casa.**

Uma bandeira nacional brasileira é tingida com pigmentos puros. Quais serão as cores nas quais ela será vista ao ser iluminada pela luz monocromática azul?

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

A faixa de frequência de ondas capaz de sensibilizar o olho humano é denominada de espectro visível.

a. Verdadeiro
b. Falso

**Se acertar, avance 2 casas.
Se errar, volte 1 casa.**

Thomas Young (1773-1829) fez a luz de uma fonte passar por duas fendas paralelas antes de atingir um obstáculo e observou no anteparo o surgimento de regiões claras e escuras. Marque a alternativa verdadeira a respeito desse fenômeno:

a) Trata-se do fenômeno da refração, em que a luz tem condição de passar por obstáculos.
b) Trata-se do fenômeno da difração, em que, após a passagem por pequenos obstáculos, as ondas tendem a contorná-lo.
c) Trata-se do fenômeno da difração, em que, após a passagem por pequenos obstáculos, as ondas mecânicas tendem a contorná-lo.

**Se acertar, avance 3 casas.
Se errar, volte 2 casas.**

A luz visível é um tipo de onda eletromagnética. As ondas eletromagnéticas são capazes de propagarem-se no vácuo com uma velocidade de aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. São exemplos de ondas eletromagnéticas:

a) Luz visível, infravermelho, infrassom
b) Micro-ondas, ultrassom, radiação gama
c) Raios X, ondas de rádio, radiação gama
d) Raios X, ondas de rádio, radiação beta
e) Raios X, ondas de rádio, radiação alfa

**Se acertar, avance 3 casas.
Se errar, volte 2 casas.**

Qual é a alternativa correta a respeito da velocidade da luz na refração?

a) A velocidade da luz sempre será a mesma para qualquer meio de propagação.
b) Quanto maior o índice de refração de um meio, maior é a velocidade de propagação da luz.
c) A velocidade da luz no vácuo é máxima, e possui valor de $3 \cdot 10^8$ m/s.
d) Todas as alternativas estão incorretas.

**Se acertar, avance 3 casas.
Se errar, volte 2 casas.**

É comum aos fotógrafos tirar fotos coloridas em ambientes iluminados por lâmpadas fluorescentes, que contêm uma forte composição de luz verde. A consequência desse fato na fotografia é que todos os objetos claros, principalmente os brancos, aparecem esverdeados. Para equilibrar as cores, deve-se usar um filtro adequado para diminuir a intensidade da luz verde que chega aos sensores da câmera fotográfica. Na escolha desse filtro, utiliza-se o conhecimento da composição das cores-luz primárias: vermelho, verde e azul; e das cores-luz secundárias: amarelo = vermelho + verde, ciano = verde + azul e magenta = vermelho + azul. Na situação descrita, qual deve ser o filtro utilizado para que a fotografia apresente as cores naturais dos objetos?

a) Ciano
b) Verde
c) Amarelo
d) Magenta

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

| | | |
|---|---|---|
| <p>Podemos considerar que a "sombra" de uma nuvem projetada sobre o solo é do mesmo tamanho da própria nuvem, devido aos raios solares serem aproximadamente paralelos.</p> <p>a. Verdadeiro b. Falso</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> | <p>Um quadro coberto com uma placa de vidro plano, não pode ser visto tão nitidamente quanto outro não coberto, porque o vidro:</p> <p>a) é opaco; b) é transparente; c) não reflete a luz; d) reflete parte da luz;</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> | <p>O vidro fosco é um meio:</p> <p>a) opaco. b) translúcido. c) transparente. d) nenhuma das anteriores.</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> |
| <p>Os faróis de 2 carros que se movimentam em uma estrada emitem feixes de luz. Em certo momento, a luz dos 2 faróis se sobrepõe. Escolha a opção que descreve CORRETAMENTE o que acontece após o cruzamento dos feixes.</p> <p>a. Um feixe se reflete no outro feixe. b. Os feixes diminuem de intensidade. c. Os dois feixes se juntam formando um único feixe. d. Os feixes continuam sua propagação como se nada tivesse acontecido.</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> | <p>A explicação mais simples sobre a formação da sombra acontece quando a luz imaginada está:</p> <p>a) se refratando. b) se propagando em linha reta. c) se refletindo. d) se deslocando em velocidade constante.</p> <p>Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.</p> | |

Figura P5 - Cartas pergunta. (Conjunto completo das cartas pergunta)

Gabarito a ser liberado para o jogador que será responsável por fazer as perguntas e checar as respostas:

- Um grande opositor da teoria da luz defendida por Isaac Newton foi_____. Ele se posicionou a favor da teoria_____. **Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 2 casas.**
- () Christian Huygens - corpuscular () Albert Einstein - ondulatória () Christian Huygens - ondulatória

R: Christian Huygens - ondulatória.

- Albert Einstein propôs que a luz tem natureza dupla: é onda e _____ ao mesmo tempo. **Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 3 casas.**
- R: partícula.

- Isaac Newton realizou uma experiência que o levou a concluir que a luz branca emitida pelo Sol contém uma mistura de _____. **Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 2 casa.**

() sete cores básicas. () três cores básicas. () cinco cores básicas.

R: sete cores básicas.

- As fontes emissoras de luz são chamadas de _____, enquanto aquelas que refletem a luz recebida de outra fonte são chamadas de _____. **Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.**

() fontes secundárias - fontes primárias () fontes primárias - fontes secundárias

R: fontes primárias - fontes secundárias

- Quais das opções são meios transparentes? **Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.**

() ar () vidro () madeira () papel vegetal

R: ar e vidro

- Qual o valor oficial, adotado pela ciência nos dias de hoje, para a velocidade da luz no ar e no vácuo? **Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 2 casas.**

R: $c = 300.000 \text{ km/s}$

- Quais são os principais fenômenos ópticos observados quando um feixe de luz incide sobre a superfície de separação entre dois meios? **Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.**

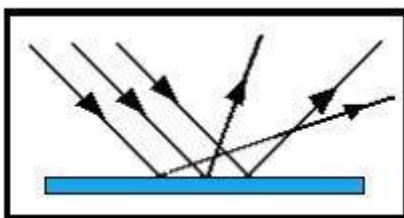
R: reflexão e refração.

- Entre as alternativas a seguir, escolha aquela que contém apenas fontes primárias de luz. **Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.**

() Fósforo, Sol, Lua () Lua, Júpiter, Sol () Vela acesa, Sol, Lua () Estrelas, fósforo aceso, Sol

R: Estrelas, fósforo aceso, Sol.

- A figura apresenta um feixe de raios paralelos incidentes em uma superfície e os



correspondentes raios emergentes. Isso representa uma:

- () reflexão () refração () difração

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

R: reflexão

- Uma fonte secundária de luz que se apresenta na cor azul possui tal cor porque:
 () refrata a luz incidente () reflete a luz azul () difrata a luz azul () absorve a luz azul

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

R: reflete a luz azul

- Diferencie raio de luz de feixe de luz. **Se acertar ou errar, permaneça onde está até a próxima jogada.**

R: raio de luz é uma forma geométrica, uma “linha”, que mostra a direção e o sentido da propagação de luz. Um feixe de luz é um conjunto de raios de luz.

- Algumas crianças, ao brincarem de esconde-esconde, tapam os olhos com as mãos, acreditando que, ao adotarem tal procedimento, não poderão ser vistas. Essa percepção da criança contraria o conhecimento científico porque, para serem vistos, os objetos
- () geram partículas de luz (fótons), convertidas pela fonte externa.
 () são atingidos por partículas de luz (fótons), emitidas pelos olhos.
 () refletem partículas de luz (fótons), que atingem os olhos.
 () refletem partículas de luz (fótons), que se chocam com os fótons emitidos pelos olhos.
 () são atingidos pelas partículas de luz (fótons), emitidas pela fonte externa e pelos olhos.

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

R: refletem partículas de luz (fótons), que atingem os olhos.

- Os faróis de 2 carros que se movimentam em uma estrada emitem feixes de luz. Em certo momento, a luz dos 2 faróis se sobrepõe. Escolha a opção que descreve CORRETAMENTE o que acontece após o cruzamento dos feixes.
- () um feixe se reflete no outro feixe
- () os feixes diminuem de intensidade
- () os dois feixes se juntam formando um único feixe
- () os feixes continuam sua propagação como se nada tivesse acontecido

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

R: os feixes continuam sua propagação como se nada tivesse acontecido.

- A explicação mais simples sobre a formação da sombra acontece quando a luz imaginada está:
- a) se refratando.
- b) se propagando em linha reta.
- c) se refletindo.
- d) se deslocando em velocidade constante.

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

R: se propagando em linha reta.

- Uma sala está iluminada por uma lâmpada que emite luz monocromática vermelha. Entram nessa sala três jovens: Luís, Pedro e Maria. O primeiro veste uma camisa branca; o segundo, uma camisa verde; e a terceira, uma blusa vermelha. Uma vez dentro da sala, de que cor é vista a camisa de Pedro, de Maria e Luís?

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

R: A camisa de Pedro fica preta, pois a luz incidente vermelha não é refletida pela camisa verde. A blusa de Maria permanece vermelha, pois a luz vermelha é a única que ela reflete. A camisa de Luís fica vermelha, pois é a única luz incidente refletida por ela.

- Para que você consiga observar um eclipse solar, é necessário que o Sol, a Terra e a Lua:
- () estejam nos vértices de um triângulo durante a noite.

- () estejam alinhados durante o dia, com o Sol entre a Terra e a Lua.
- () estejam alinhados durante a noite, com a Lua entre o Sol e a Terra.
- () estejam alinhados durante o dia, com a Terra entre o Sol e a Lua.
- () estejam alinhados durante o dia, com a Lua entre a Terra e o Sol.

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

R: Estejam alinhados durante o dia, com a Lua entre a Terra e o Sol.

- Uma bandeira nacional brasileira é tingida com pigmentos puros. Quais serão as cores nas quais ela será vista ao ser iluminada pela luz monocromática azul?

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

R: Azul e preta.

- A faixa de frequência de ondas capaz de sensibilizar o olho humano é denominada de espectro visível.

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

- () Verdadeiro () Falso

R: verdadeiro

- Podemos considerar que a “sombra” de uma nuvem projetada sobre o solo é do mesmo tamanho da própria nuvem, devido aos raios solares serem aproximadamente paralelos.

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

- () Verdadeiro () Falso

R: verdadeiro

- Um quadro coberto com uma placa de vidro plano, não pode ser visto tão nitidamente quanto outro não coberto, porque o vidro:

- a) é opaco;
b) é transparente;

- c) não reflete a luz;
- d) reflete parte da luz;

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

R: d

- O vidro fosco é um meio:
- a) opaco; b) translúcido; c) transparente; d) nenhuma das anteriores.

Se acertar, avance 1 casa. Se errar, permaneça onde está até a próxima jogada.

R: a.

- Thomas Young (1773-1829) fez a luz de uma fonte passar por duas fendas paralelas antes de atingir um obstáculo e observou no anteparo o surgimento de regiões claras e escuras. Marque a alternativa verdadeira a respeito desse fenômeno:
- a) Trata-se do fenômeno da refração, em que a luz tem condição de passar por obstáculos
- b) Trata-se do fenômeno da difração, em que, após a passagem por pequenos obstáculos, as ondas tendem a contorná-lo
- c) Trata-se do fenômeno da difração, em que, após a passagem por pequenos obstáculos, as ondas mecânicas tendem a contorná-lo.

Se acertar, avance 3 casas. Se errar, volte 2 casas.

R: b

- A luz visível é um tipo de onda eletromagnética. As ondas eletromagnéticas são capazes de propagarem-se no vácuo com uma velocidade de aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. São exemplos de ondas eletromagnéticas:
- a) Luz visível, infravermelho, infrassom
- b) Micro-ondas, ultrassom, radiação gama
- c) Raios X, ondas de rádio, radiação gama
- d) Raios X, ondas de rádio, radiação beta
- e) Raios X, ondas de rádio, radiação alfa

Se acertar, avance 3 casas. Se errar, volte 2 casas.

R: c

- Marque a alternativa correta a respeito da velocidade da luz na refração.
- a) A velocidade da luz sempre será a mesma para qualquer meio de propagação.
 - b) Quanto maior o índice de refração de um meio, maior é a velocidade de propagação da luz.
 - c) A velocidade da luz no vácuo é máxima, e possui valor de 3×10^5 m/s.
 - d) Todas as alternativas estão incorretas.

Se acertar, avance 3 casas. Se errar, volte 2 casas.

R: d

- É comum aos fotógrafos tirar fotos coloridas em ambientes iluminados por lâmpadas fluorescentes, que contêm uma forte composição de luz verde. A consequência desse fato na fotografia é que todos os objetos claros, principalmente os brancos, aparecerão esverdeados. Para equilibrar as cores, deve-se usar um filtro adequado para diminuir a intensidade da luz verde que chega aos sensores da câmera fotográfica. Na escolha desse filtro, utiliza-se o conhecimento da composição das cores-luz primárias: vermelho, verde e azul; e das cores-luz secundárias: amarelo = vermelho + verde, ciano = verde + azul e magenta = vermelho + azul. Na situação descrita, qual deve ser o filtro utilizado para que a fotografia apresente as cores naturais dos objetos?
- a) Ciano
 - b) Verde
 - c) Amarelo
 - d) Magenta

Se acertar, avance 2 casas. Se errar, volte 1 casa.

R: d. Lembre-se de que filtros são materiais que permitem a passagem apenas da luz da cor que eles são feitos. Assim, como o objetivo do fotógrafo é diminuir a intensidade de luz verde, ele deve utilizar um filtro que não contenha em sua composição a cor verde, pois os

filtros que possuem verde em sua composição deixarão passar luz verde. Logo os filtros Ciano, Verde e Amarelo estão fora de cogitação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há, sem dúvida, mais de uma maneira de olhar os resultados de uma pesquisa. De fato, há muitas maneiras. Por isto, é necessário, como forma de evitar uma prolixidade na análise que teria o efeito de nivelar os altos e baixos da pesquisa, traçar uma rota de avaliação dos resultados obtidos. Esta rota será traçada a partir de dois elementos. Um deles, de certa forma “prévio”, é retirado da fundamentação teórica. A partir dela, retomaremos questões como a da aprendizagem significativa, aprendizagem ativa, ludicidade e motivação, obstáculos didáticos e pensamento computacional.

O segundo elemento diz respeito à realidade encontrada, por ocasião da implementação da pesquisa propriamente dita. Para relembrar o leitor do cenário no interior do qual se realizou a sequência didática, resgatamos aqui o que foi apresentado no início desta dissertação: os participantes do projeto fazem parte de um “[...] *programa de ação social, promovido por uma Escola da região, de caráter confessional. Este programa está associado a um Instituto, que promove o atendimento integral de crianças e adolescentes em situação de risco e vulnerabilidade social, na faixa etária dos seis aos quinze anos. Entre as diferentes finalidades deste Instituto, destaca-se a promoção do ensino técnico científico, pedagógico e cultural, voltado ao desenvolvimento da sociedade. Em linhas gerais, o Instituto propicia a manutenção da Educação Básica para estas crianças e adolescentes, incluindo-se aqui, bem entendido, o Ensino Fundamental, foco deste trabalho.*” Então, este segundo elemento de análise dos resultados obtidos estará voltado ao pouco (ou mesmo nenhum) acesso a recursos, materiais, e métodos inovadores de ensino e aprendizagem por parte dos participantes em suas escolas de origem.

Após a aplicação da sequência didática, em conjunto com o jogo conceitual de Óptica e as demais atividades (uso de simuladores, experimentos, problemas, confecção de mapas mentais) percebeu-se, pelos depoimentos dos estudantes participantes, indícios relevantes de aprendizagem significativa, incluída aí a compreensão, em estágio inicial, bem entendido, dos conceitos explorados. As figuras a seguir mostram o grupo de alunos, todos integrantes do 7º ao 9º do EFII, em ação, respondendo questões (figura 15, esquerda), pesquisando (figura 15, direita), jogando (figura 16, acima) apresentando resultados (figura 16, abaixo).

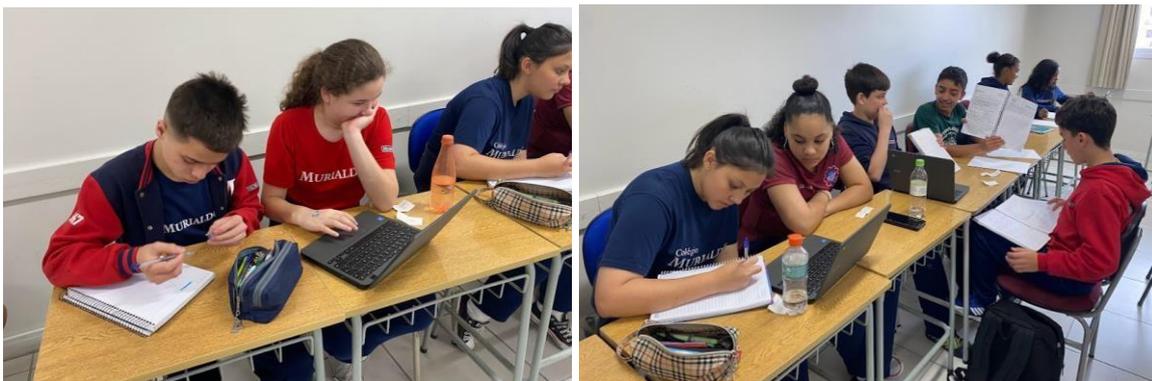


Figura 15 – O grupo de alunos respondendo questões e pesquisando conceitos de Óptica.



Figura 16 – Grupos praticando os conceitos aprendidos com o jogo didático conceitual de Óptica, e apresentando resultados aos colegas.

Resgatamos aqui alguns depoimentos dos estudantes (feito ao final da sequência didática), os quais, em conjunto com as imagens acima, e com alguns mapas mentais apresentados mais abaixo, transmitirão ao leitor uma imagem do ocorrido durante as atividades, a partir da perspectiva da aprendizagem ativa e significativa.

Estudante 4: “Consegui compreender bastante todos os experimentos.”

Estudante 6: “As experiências foram muito legais, eu não conhecia nenhuma delas.”

Estudante 8: “Foi muito legal, pois aprendi na prática como é o conteúdo e como funciona.”

Elementos importantes, - para ser mais exato - indícios, também podem ser percebidos nos mapas mentais, produzidos pelos participantes, ao final da sequência didática.

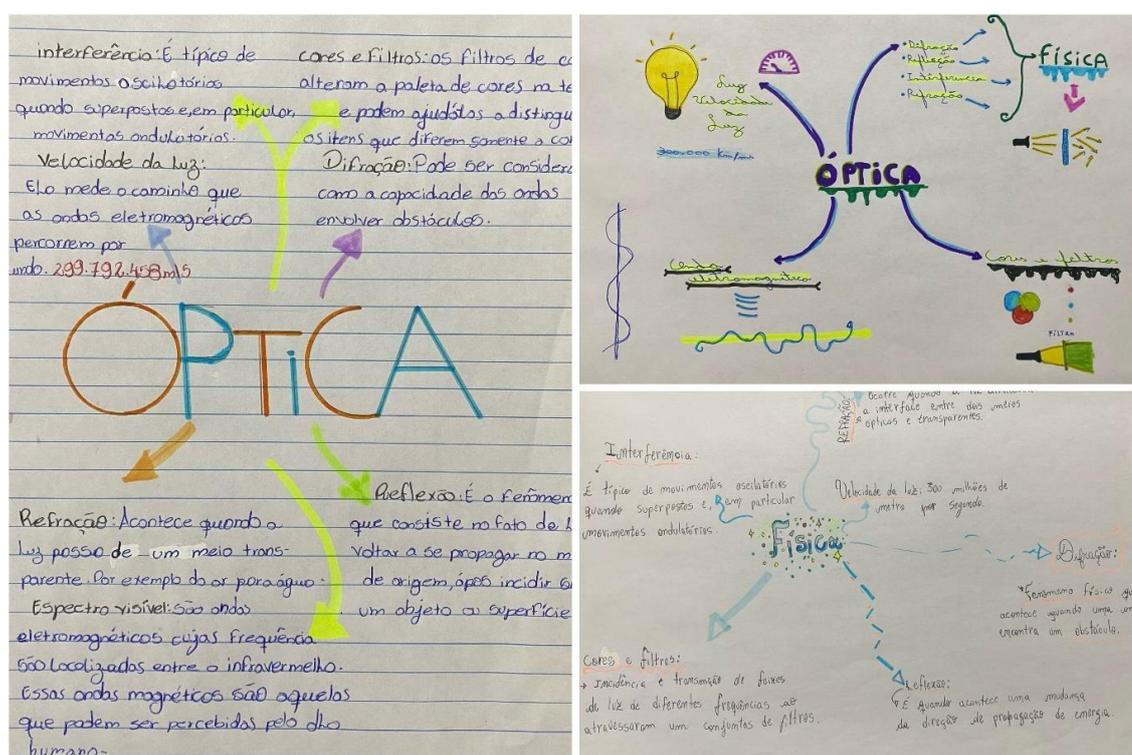


Figura 17. Três mapas mentais produzidos pelos participantes, ao final da sequência didática.

No primeiro mapa, o maior deles, extratos da pesquisa realizada pelos estudantes no primeiro encontro são associados ao tema central, óptica. É um mapa, digamos, mais formal, no qual os tópicos que mais chamaram a atenção deste aluno são explicados resumidamente. Estes tópicos são a interferência, velocidade da luz, refração, espectro visível, cores e filtros, difração e reflexão.

No mapa à direita, acima, o estudante autor optou por uma comunicação mais direta,

associada a imagens ou palavras chave. Por exemplo, a velocidade da luz é escrita próxima ao desenho de uma lâmpada, e próxima a esta, há o que parece ser um medidor (velocímetro).

O núcleo do mapa é a óptica, mas acima, à esquerda, ramos da óptica (reflexão, refração, interferência, difração) são associados à física. São também representadas ondas (por conta do caráter ondulatório da luz) mas é também representada uma lanterna, da qual emanam raios, que logo após são dispersados por algum dispositivo. Temos aí duas manifestações preliminares do estudante que produziu o mapa, referentes à propagação retilínea e à propagação ondulatória da luz, temas explorados fartamente, seja no jogo de tabuleiro, seja nos experimentos exploratórios. Por fim, a superposição de cores também é trazida sob forma de imagem, cuidadosamente colorida. As cores (vermelho, verde e azul, ou RGB na sigla em inglês) foram objeto de atividades com uso do simulador PhET.

No mapa à direita, abaixo, o tratamento da informação selecionada e apresentada é mais ou menos o mesmo do mapa maior. O “centro”, do qual emanam as conexões, é “física” (em vez de “óptica”).

Em geral, os mapas atestam um aspecto singelo, mas importante, de uma perspectiva didática: dificilmente os participantes se dedicariam a apresentar informações, como fizeram com os mapas, sob diferentes formas, como resultado da proposição de um exercício na forma tradicional. Nele, uma fórmula é (possivelmente) copiada, ou reproduzida de memória, números (“dados”) são inseridos nela, e um resultado é obtido. Os alunos “agem” pouco, e – menos ainda – “significam” ...

No âmbito da aprendizagem ativa, (e possivelmente significativa, também) uma fala em especial dá conta da importância do trabalho em grupo:

Estudante 7: *“Eu amei as atividades. Foi muito legal poder conversar com os colegas, tirar dúvidas e aprender coisas que provavelmente nunca vamos ver de novo.”*

O estudante 9 enfatiza a novidade da proposta de sequência didática:

“Foi muito legal, pois aprendi coisas que não sabia. Adorei a rede de difração.”

Nestas duas manifestações, dois elementos chamam especialmente a atenção: “[...] *aprender coisas que provavelmente nunca vamos ver de novo.*” Este recorte denota a imagem pobre que o aluno tem de sua escola de origem, na qual, presume-se da fala, os materiais e abordagens atinentes à sequência didática que ele acabou de participar não estão presentes. Retomaremos este ponto adiante, num parágrafo no qual o segundo elemento de análise dos resultados é abordado, a saber, o acesso dos participantes a materiais e métodos diferenciados.

Outra faceta dos resultados obtidos é a que diz respeito às atividades experimentais. Neste “quesito”, o número de manifestações dos alunos foi grande, o maior de todos os temas por eles mencionados. A figura 18 revela alguns aspectos dignos de destaque. Note a expressão da aluna (figura 17, acima, à esquerda) ao manusear CDs sob a luz da lanterna de um telefone celular, segurado por outra pessoa. A expressão da estudante parece revelar interesse, mas também, atenção e curiosidade. O leitor talvez diga (e nós concordaremos): sim, mas esta é uma análise subjetiva! Nosso argumento central é o de que não estamos em busca de objetividade (apesar de não a desconsiderar); o que nos moveu, como pesquisadora, foi predominantemente a busca de um ambiente propício ao deslumbramento, à curiosidade, ao enunciado de dúvidas, ao convívio, ao acesso a materiais e estratégias de ensino diferenciadas. Já no grupo da figura 17, imagem superior, à direita, os participantes aparecem com expressões que transitam da satisfação em observar uma imagem surpreendente, ao sorriso, revelador da ludicidade que parece permear a atividade exploratória. Vejamos agora algumas manifestações dos alunos, referentes às atividades experimentais exploratórias, e aos momentos de ludicidade que elas propiciaram:

Estudante 4: “*Os experimentos foram muito divertidos e eu achei bem interessante.*”

Estudante 2: “*Experimentos muito legais! Rede de difração: muito legal, adorei o arco-íris na câmera do celular. Lentes e laser: achei diferente. CD: Muito legal a mudança de cor.*”

Estudante 3: “*Foi diferente e muito interessante. Gostei da câmara escura, pois a lâmpada engordou. Muito obrigada!*” (grifo da pesquisadora).

Aqui, cabe um comentário, de certo modo evidente: o vocabulário específico de um campo do conhecimento também é algo que se aprende. Ao contrário do que poderia prescrever um certo senso comum no campo da didática, o estudante não aprende primeiro a palavra, e depois o conhecimento específico associado a esta palavra. É – e colocamos ênfase neste aspecto – um processo, e à medida que o estudante entende e se apropria de conceitos, ele constrói –

concomitantemente – o vocabulário necessário. A ideia segundo a qual aprendemos um termo (por exemplo, difração) e só depois nos preocuparemos em “colocar significado” naquele termo pode configurar um obstáculo didático. Este obstáculo pode se manifestar sob diferentes formas, uma delas seria a criação de uma propensão, no estudante, à memorização pura e simples



Figura 18 – Realização dos experimentos (acima, e abaixo, à esquerda) e produção do mapa mental (abaixo, à direita).

Outro aspecto, associado às manifestações dos estudantes acerca dos experimentos, revela a carga lúdica das atividades propostas. Seleccionamos algumas falas para ilustrar este aspecto lúdico:

Estudante 1: *“Fazer essas experiências foi muito divertido, que talvez nunca tenhamos essa oportunidade. As experiências foram muito bem explicadas e executadas. Todas foram*

mostradas de uma maneira bem divertida e clara para que conseguíssemos entender. Muito obrigada, prof^a Júlia.”

Estudante 5: Fazer essas experiências foi uma coisa única e muito legal. Todos os experimentos foram feitos de uma forma divertida e de um jeito claro, não tive nenhuma dúvida durante a execução. Adorei fazer os experimentos e agradeço a oportunidade.”

Houve um momento em que os grupos (dois) se manifestaram. No primeiro grupo, o depoimento (recorrente) foi o de que a exploração de experimentos os satisfez. Mas, e não há aí nenhuma surpresa, eles também colocaram a dificuldade de algumas perguntas (feitas pela pesquisadora).

Grupo de estudantes 1: “A experiência foi muito legal, porém algumas perguntas foram difíceis”.

Provavelmente, a alusão aqui é às perguntas que constituíam o jogo de tabuleiro. Algumas destas perguntas pressupunham consultas à internet, e outras faziam menção a termos ainda não familiares aos estudantes. Cabe aqui o comentário feito acima, após o depoimento do estudante 3. O vocabulário concernente a um campo do conhecimento deve ser construído, na mesma medida em que o próprio conhecimento é construído.

Grupo de estudantes 2: O jogo foi interessante, legal e criativo. Entendemos conceitos e gostamos muito. Parabéns, profe, foi muito legal!”

Cabe aqui uma menção a respeito de algum indício de pensamento computacional nesta pesquisa. Como fizemos referência na fundamentação teórica, Jeannete Wing (uma das sumidades do pensamento computacional) faz menção à computação desplugada, e para ela que dirigiremos nossa atenção, neste momento do relato de resultados que estamos apresentando.

Faremos alusão aqui à atividade exploratória referente à propagação retilínea da luz, por maio da assim denominada “câmara escura”. Em primeiro lugar, todas as respostas (a perguntas que os alunos formularam espontaneamente) foram construídas pelos alunos, sem o concurso de computadores ou pesquisa na internet. Por exemplo: porque a imagem, na câmara escura, aparece invertida? Recapitulemos, na linguagem de Wing, os padrões aos quais os alunos devem fazer recurso. O primeiro: “a luz se propaga na forma de raios, em linha reta”. O segundo padrão pode ser definido assim: “imagine que o objeto emissor de luz (a lâmpada, na exploração proposta aos alunos) seja subdividido em partes muito pequenas. Cada uma destas partes (do tamanho de um ponto) é sede de raios de luz, que emanam em todas as direções.”

Bem, lembremos que temos um problema, e que já identificamos padrões que nos ajudarão a resolvê-lo. Agora, coloquemos em ação estes padrões, vamos “computar”. A pergunta é: dado um ponto, ou pequena parte, do objeto que emite luz (escolha qualquer ponto), quais dos raios que dele saem conseguem atingir a tela da câmara? (veja novamente a figura 19, abaixo, e também a figura 2). A “computação desplugada” se dá aqui a partir de um traçado de raios, com papel, lápis e régua. Só o raio “que acerta o orifício” consegue passar. (figura 19). O surpreendente é que a análise de dois pontos, arbitrariamente escolhidos, já traz a resposta à pergunta! É empolgante ver a admiração expressa pelos estudantes em determinado momento do traçado de raios: “*ah, por isso que ela inverte!*”

Para concluir a avaliação dos resultados obtidos, destacamos um aspecto importante, relativo ao jogo de tabuleiro. As manifestações dos estudantes dão conta do “sucesso” das experimentações exploratórias. Então, alertamos o leitor: o jogo de tabuleiro, isoladamente, promoveria o contato entre os componentes de um mesmo grupo. Mas este contato estaria predominantemente voltado à busca de respostas às perguntas das “cartas perguntas”, e também, claro, à tentativa de “ganhar o jogo”. Os estudantes estarão em busca de respostas a perguntas “extrínsecas”, que não brotaram “intrinsecamente” deles mesmos. Bem entendido, este contato, esta colaboração para a obtenção de respostas, mesmo que as perguntas não tenham sido formuladas por eles, é positiva, e deve ser fomentada.

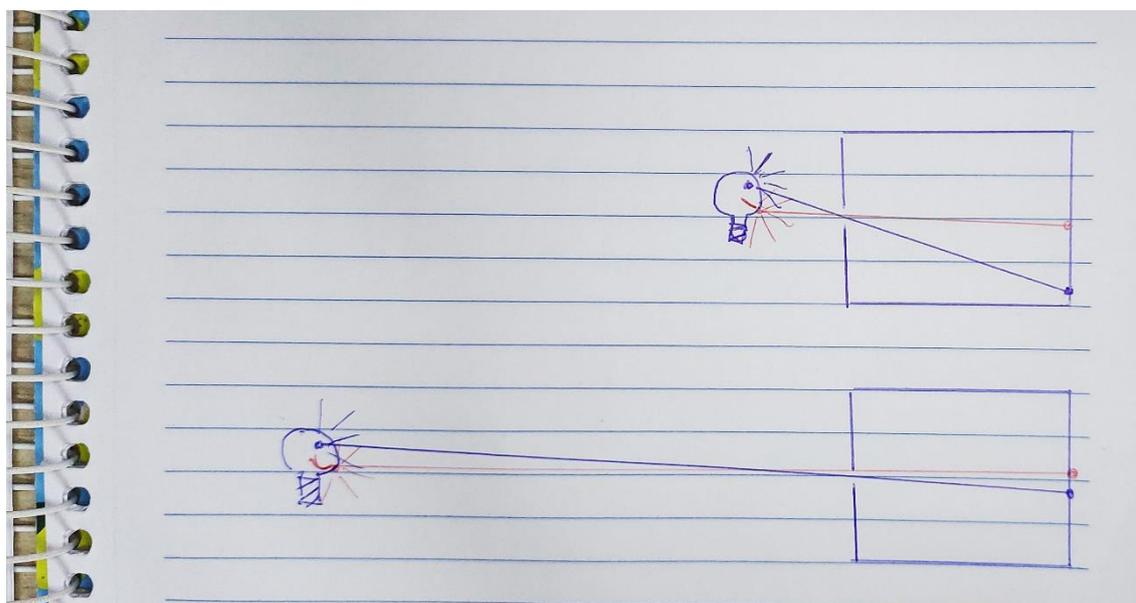


Figura 19. Os participantes foram instruídos a executar (utilizando régua) um traçado de raios como o da figura. As indicações foram: as duas câmaras escuras devem ter (aproximadamente) o mesmo tamanho, bem como as lâmpadas. Nas duas situações, pode-se perceber a inversão que a imagem da lâmpada terá. Quando a lâmpada é afastada (esta foi uma pergunta dos participantes), a imagem diminui.

Só a experimentação exploratória, por outro lado, propiciaria oportunidades diferentes, mexer, olhar, perguntar, tentar responder. É um momento único: são os estudantes que dizem: “olha: está invertida!” Ou: “*porque que o buraco tem que ser pequeno? E se for um buracão?*” (Os alunos se referiam à câmara escura e às imagens invertidas que ela fornece). São perguntas que eles mesmos formulam, e no caso da câmara escura, eles mesmos respondem. É claro que temos aí algo muito precioso do ponto de vista didático.

Mas, e se os dois momentos fizerem parte de um mesmo processo? Foi esta uma das ideias centrais desta sequência didática. Os alunos jogam, e em determinado momento a professora “para o jogo” e propõe, à turma toda: “*vamos fazer um experimento para explorar a propagação retilínea da luz? Ou: “E então, pessoal, vamos fazer uma simulação no computador para ver o que acontece quando a luz tem que passar por uma abertura bem estreita?”*

Concluimos então com uma admoestação ao leitor-professor: sim, faça perguntas. Mas deixe também os alunos fazerem as deles. Se for o caso, ajude-os, depois, a encontrar respostas!

6. BIBLIOGRAFIA

BACHELARD, G. A epistemologia. Lisboa: Edições 70, 2000.

_____. A Filosofia do Não. São Paulo: Abril Cultural (Coleção Os pensadores), 1978.

BRETONES, Paulo Sergio. Jogos para o Ensino de Astronomia. 2. ed. Campinas, Sp: Átomo, 2014.

BROCK, C.; ROCHA FILHO, J. B. Algumas origens da rejeição pela carreira profissional no magistério em Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 2: p. 356-372, ago. 2011.

BUZAN, Tony. Mapas Mentais. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

CAMARGO, F., DAROS, T. A Sala de Aula Inovadora: Estratégias Pedagógicas para Fomentar o Aprendizado Ativo. Penso Editora, 2018.

CATELLI, F.; S. PEZZINI. Laboratório Caseiro: observando espectros luminosos – espectroscópio portátil. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.2: p.264-269, ago. 2002.

FREITAS, Fabrício Monte; SILVA, João Alberto da. Os jogos conceituais e procedimentais na educação infantil: como utilizar. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 13., 2011, Recife. Conferência. Recife: Ciaem, 2011. p. 1-4. Disponível em: https://xiii.ciaem-redumate.org/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/1086/1109.

Acesso em: 20 jan. 2023.

ELMÔR FILHO, Gabriel et al. Uma Nova Sala de Aula Possível: Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia. Rio de Janeiro: Ltc, 2019.

FARIAS, Antonio José Ornellas. A Psicologia Educacional na Aprendizagem Significativa Aplicada a Programação Escolar. *Revista Psicologia & Saberes, Alagoas*, v. 7, n. 8, p. 20-40, 2018.

HUIZINGA, J. *Homo Ludens*. São Paulo: Perspectiva, 9ª. Edição, 2019.

HUYGENS, H. C. *Treatise on Light*. Leyden (1690). Disponível em <https://antilogicalism.com/wp-content/uploads/2017/07/treatise-on-light.pdf>

KAMII, Constance; DEVRIES, Rheta. *Jogos em Grupo na Educação Infantil: Implicações da Teoria de Piaget*. São Paulo: Trajetória Cultural, 1991.

LIMA, Donizete Franco. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física Moderna no Ensino Médio. *Revista Triângulo*, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 151-162, 30 abr. 2018. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. <http://dx.doi.org/10.18554/rt.v11i1>.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Bachelard: O Filósofo da Desilusão. *Cad. Cat. Ens. Fís., Santa Catarina*, v. 13, n. 3, p. 248-273, dez. 1993.

MODESTO, Monica Cristina; RUBIO, Juliana de Alcântara Silveira. A Importância da Ludicidade na Construção do Conhecimento. *Revista Eletrônica Saberes da Educação*, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 1-16. 2014.

MORAN, José. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian et al. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018. Cap. 1 p. 1-25.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? Revista cultural La Laguna Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 20/01/2023.

_____. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. Em SILVA, Márcia Gorette Lima da. et. al (org). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal, RN: EDUFRN, 2012b. p. 45 - 57.

NASCIMENTO, Carlos; SANTOS, Débora Abdalla; TANZI, Adolfo. Pensamento Computacional e Interdisciplinaridade na Educação Básica: um mapeamento sistemático. Anais dos Workshops do VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (Cbie 2018), [S.L.], p. 709-718, 28 out. 2018. Brazilian Computer Society (Sociedade Brasileira de Computação - SBC). <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2018.709>.

OLIVEIRA, S. F. Aprendizagem potencialmente significativa de óptica geométrica em laboratório. Dissertação de Mestrado Profissional – PPGECiMa – Universidade de Caxias do Sul, 2017. Disponível em <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/3323>

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Rev. Pec, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2002.

PENINA, Mayara. Quem disse que precisa de computador para programar? Conheça os benefícios das atividades desplugadas. Disponível em: <https://www.educacao.fabercastell.com.br/quem-disse-que-precisa-de-computador-para-programar-conheca-os-beneficios-das-atividades-desplugadas/#:~:text=Ela%20cita%20ainda%20mais%20benef%C3%ADcios,%2C%20brincadeira%20compartilhar%20e%20refletir>. Acesso em: 23 abr. 2022.

QUINTAL, João Ricardo. GUERRA, Andréia. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem. Física na Escola, v. 10, n. 1. Rio de Janeiro, 2009.

SANCHIS, Isabelle de Paiva; MAHFOUD, Miguel. Interação e construção: o sujeito e o conhecimento no construtivismo de Piaget. *Ciências & Cognição*, Belo Horizonte, v. 12, p. 165-177, 2007.

SOUZA, Caio Vasconcelos de; SHIGUTI, Wanderley Akira; RISSOLI, Vandor Roberto Vilardi. Metodologia Ativa para Aprendizagem Significativa com Apoio de Tecnologias Inteligentes. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, Brasília, p. 653-656, 2013.

THADEI, Jordana et al (org.). *Mediação e educação na atualidade: um diálogo com formadores de professores*. Porto Alegre: Penso, 2018. 238 p.

VYGOTSKY, L.S. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo. Editora Martins Fontes.

WING, Jeannette. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33- 35, 2006.

WING, Jeannete. Pensamento Computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 1-10, 16 nov. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711/pdf>