

ABORDANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DA FÍSICA UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D

Rayanne Marcela Reis de Magalhães ¹

Matheus Henrique Lima dos Santos ²

Francisco Nairon Monteiro Júnior ³

RESUMO

O ensino de física, centrado em explicações teóricas e demonstrações matemáticas, tende a contribuir para um aprendizado abstrato e desestimulante. A ausência de experimentação contribui para o desinteresse dos estudantes. Nas últimas décadas, a pesquisa em ensino tem avançado a partir da utilização de diversas estratégias para tornar o ensino da física mais atrativo, como gamificação, experimentos ao ar livre, robótica, teatro, entre outras. Nelson Studart, no artigo “Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas”, publicado na “Revista do Professor de Física”, afirma que “Metodologias ativas são, portanto, aquelas em que, durante a ensinagem, os alunos participam ativamente do processo, ao invés de apenas escutar de modo passivo o professor.”. Neste sentido, cabe ao professor inovar, planejando suas aulas de forma a valorizar o protagonismo do aluno, a sua participação ativa. Dentre as múltiplas possibilidades de inovação, percebe-se a crescente necessidade de uso de tecnologias educacionais inovadoras. Dentre estas, a impressão 3D surge como uma ferramenta que permite a criação de protótipos de aparatos experimentais, com os quais se pode problematizar os conceitos, permitindo o debate entre os conhecimentos prévios e as explicações científicas, em sintonia com a aprendizagem significativa de David Ausubel, a qual se baseia em dois pilares, quais sejam, que o aprendiz tenha predisposição para aprender e que a aprendizagem seja não-substancial e não-arbitrária. No presente artigo, apresentamos uma atividade, desenvolvida com estudantes do ensino médio, na qual convidamos os estudantes a redigirem um pequeno texto sobre como nós enxergamos as coisas. Na sequência, desenvolvemos uma atividade experimental utilizando a câmara escura e um protótipo do olho humano confeccionado na impressora 3D. No terceiro momento, os alunos foram novamente convidados a escreverem a nova perspectiva.

Palavras-chave: Ensino de Óptica; Visão Humana; Aprendizagem Significativa; Impressão 3D; Metodologia Ativa.

INTRODUÇÃO

No século XXI, reconhecidamente a era antropoceno, a influência humana em nosso planeta nunca foi tão grande quanto tem sido agora. O avanço de dispositivos móveis, da internet, da inteligência artificial, dos carros elétricos, avanços na edição de genes e de impressoras 3D e 4D, são apenas alguns exemplos dentre muitos outros. Contudo, apesar de tantas possibilidades e inovação tecnológicas, ainda é comum observarmos aulas no Brasil que se configuram na sua totalidade como ditas tradicionais, apresentando como proposta metodológica apenas o método expositivo. A física, por exemplo, é uma ciência que estuda a natureza, analisa as relações e propriedades dos seus



fenômenos, ou seja, observações e experimentações são fundamentais para garantir a assimilação do conhecimento.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na competência geral de número 2, prevê: “o uso e o aprofundamento do conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos, protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam as demandas para a resolução de problemas identificados na sociedade”. Desse modo, a inserção de recursos tecnológicos no ambiente escolar, como a impressão 3D, abre novas possibilidades para a construção de conhecimento de forma mais significativa e concreta.

A impressão 3D se configura como uma tecnologia emergente de grande importância para o ensino da física, ao proporcionar a concretização de modelos que, até então, eram abordados apenas de forma teórica, favorecendo a compreensão entre teoria e fenômeno. Há sites disponíveis para a obtenção desses modelos, sem que seja necessária uma compreensão profunda sobre a tecnologia ou o design dos modelos. Neste contexto, desenvolvemos um protótipo do olho humano em impressora 3D a partir de um modelo pronto, disponível na internet.

Knill e Slavkovsky (2013a) utilizaram a impressão 3D para criar provas físicas e para ilustrar ideias, resultados e métodos que o matemático Arquimedes desenvolveu há 2300 anos. Os autores afirmaram que, por eles terem conseguido construir esses antigos projetos com o uso da impressão 3D, essa tecnologia pode levar a uma nova perspectiva ao olhar para a história da matemática e da engenharia, visto que ela possibilita criar modelos para serem utilizados em aula. Além disso, os autores também reconheceram que os modelos físicos são importantes para um aprendizado ativo. Isso se confirma quando Ausubel (2003) afirma que a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante constrói novos significados a partir do material de estudo apresentado.

Para que a aprendizagem significativa aconteça de forma eficiente é necessário que alguns requisitos básicos sejam seguidos. Uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o conteúdo ensinado seja relacionável com a estrutura cognitiva do aluno. Isso significa que o material instrucional deve ser potencialmente significativo, ele deve correlacionar com o conhecimento prévio do estudante, subsunso, de forma não-arbitrária, ou seja, ancorando o material instrucional em conceitos já existentes [Moreira, 1983]. Além do mais, a atitude do aluno é de crucial importância para o processo da aprendizagem significativa, pois requer um esforço do aprendente em



conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma prática pedagógica realizada com alunos do ensino médio, utilizando um modelo tridimensional do olho humano, modelo impresso em 3D, com uma lente biconvexa associado à construção de uma câmara escura, com o intuito de promover a compreensão do fenômeno da visão e da formação de imagens. A proposta se baseia nos princípios da aprendizagem significativa e problematizadora, conforme proposto por David Ausubel, e nas metodologias ativas de ensino: design thinking e movimento maker, que valorizam o protagonismo do aluno no processo de construção do conhecimento.

Para isso, a atividade foi desenvolvida numa turma do 9º ano do ensino fundamental de uma escola particular da cidade do Recife. A escolha desse público tem como objetivo desconstruir a ideia, ainda comum entre os estudantes, de que a Física é uma disciplina difícil. A situação-problema posta para os estudantes foi: “Por que utilizamos óculos para corrigir os problemas oculares e como eles funcionam?”. Deste jeito, o ensino de física nas escolas se torna experiências mais dinâmicas e envolventes, transformando as práticas, que muitas vezes são apenas demonstrativas, em experimentos nos quais todos os alunos podem participar ativamente e manusear os materiais.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento é incorporado de forma não arbitrária e substancial à estrutura cognitiva do aluno. Alguns fatores são fundamentais para que isso aconteça: a existência de conhecimentos prévios relevantes e a predisposição do estudante para aprender. Assim, é essencial que as novas informações se conectem com os saberes já existentes, de maneira lógica, favorecendo a assimilação e retenção dos conteúdos.

Autores como Moreira e Masini (2006), complementam essa visão, defendendo que a aprendizagem significativa pode ser estimulada por meio de metodologias que envolvam o aluno ativamente no processo de aprendizagem. Nesse contexto, as metodologias ativas de ensino ganham destaque. Studart (2015) ressalta que essas metodologias transferem o foco da aula do professor para o aluno, promovendo maior engajamento e autonomia na construção do saber.

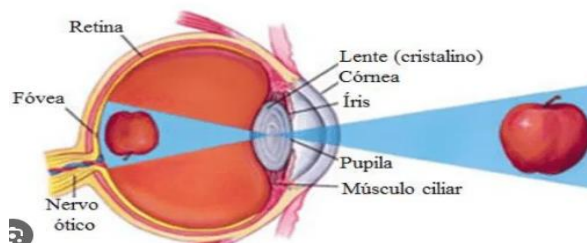
A impressão 3D, por sua vez, vem se destacando como uma ferramenta tecnológica inovadora no campo da educação, permitindo a criação de modelos físicos que tornam



visíveis conceitos abstratos e facilitam a experimentação em sala de aula (SANTOS et al., 2020). No ensino de Física, esse recurso contribui para tornar os conteúdos mais acessíveis, principalmente quando se trata de fenômenos que não podem ser observados diretamente.

O processo da visão humana começa com a captação da luz pelo olho, que é convertida em sinais elétricos na retina e transmitida ao cérebro pelo nervo óptico. No lobo occipital, esses sinais são processados e interpretados, permitindo a percepção de formas, cores, tamanhos e distâncias. O olho funciona de modo semelhante a uma câmera, possuindo partes como córnea, humor aquoso, íris, pupila e cristalino. A pupila regula a quantidade de luz que entra no olho.

Em ambientes com alta luminosidade, ela se contrai (miose) para reduzir a entrada de luz e proteger as células da retina. Já em locais com pouca iluminação, a pupila se dilata (midríase), permitindo a entrada de uma maior quantidade de luz, a fim de melhorar a visibilidade. O cristalino é uma das estruturas mais importantes do globo ocular. Trata-se de uma lente com distância focal variável, ou seja, possui vergência (ou convergência) também variável, o que permite o ajuste do foco da visão para objetos a diferentes distâncias.



Mas o que significa enxergar? Ao observar um objeto, a luz (natural ou artificial) refletida por ele entra nos nossos olhos e é projetada no fundo do globo ocular, mais precisamente na retina. Para que enxerguemos cada ponto do objeto com nitidez, é necessário que, para cada ponto do objeto, apenas um ponto correspondente seja iluminado na retina, ou seja, que o meio óptico seja estigmático, guardando formas e proporções originais. É nela que se localizam as células fotossensíveis, os cones e os bastonetes, responsáveis por captar a luz e transformá-la em impulsos nervosos. Esses sinais são então enviados ao cérebro por meio do nervo óptico, permitindo a formação da imagem.

Fisicamente, os feixes de luz que chegam ao olho são divergentes. Ao atravessar o sistema de lentes do olho, esses feixes tornam-se convergentes. Como resultado, formam



pontos de luz focados diretamente sobre a retina, no funcionamento normal do olho. A imagem projetada na retina é invertida, e o cérebro tem a função de reinterpretá-la e “desinverter” a imagem, permitindo a percepção correta do mundo ao nosso redor.

A formação da imagem do olho pode ser descrita pela equação de Gauss dos pontos conjugados. Nessa equação, a distância entre o objeto e o sistema de lentes é representada por P , e a distância entre a imagem (na retina) e o sistema de lentes é representada por P' . O sistema óptico do olho possui uma distância focal (f), e sua vergência é definida como o inverso da distância focal. Isso significa que, quanto menor a distância focal maior será a vergência (ou convergência) da lente.

A musculatura ciliar tem um papel essencial na acomodação visual. Ela sustenta o cristalino e atua modificando sua curvatura: ao se contrair, comprime o cristalino, tornando-o mais espesso e, portanto, mais convergente; ao relaxar, permite que o cristalino fique mais plano, tornando-o menos convergente. Essa capacidade de variação na curvatura é fundamental para o ajuste do foco visual. Na óptica, essa modificação na convergência do cristalino é explicada por meio da equação de Gauss dos pontos conjugados, expressa como:

$$V = \frac{1}{f} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$$

Onde:

- V é a vergência do sistema óptico;
- f é a distância focal;
- P representa a distância entre o objeto e o sistema de lentes;
- P' é a distância entre a imagem (formada na retina) e o sistema de lentes.

No caso do olho humano, P' pode ser considerado constante, pois corresponde aproximadamente ao comprimento axial do globo ocular. Isso significa que, para que a imagem se forme com nitidez exatamente sobre a retina, P' não pode variar. Dessa forma, qualquer mudança na distância do objeto em relação ao olho (P) exige uma compensação na vergência (V) do sistema óptico ocular. Quando o objeto observado se afasta, P aumenta. Para manter o foco na retina, a vergência do sistema deve diminuir. Isso ocorre através do achatamento do cristalino, tornando-o menos convergente. Por outro lado, quando o objeto se aproxima, P diminui, e é necessário que a vergência aumente. Nesse caso, a musculatura ciliar contrai-se, tornando o cristalino mais espesso e mais convergente, o que garante a formação da imagem na retina com nitidez.



Esse mecanismo de ajuste é conhecido como acomodação visual e é um exemplo notável da aplicação prática da equação de Gauss no funcionamento do sistema visual humano. Para indivíduos com visão normal, considera-se que a menor distância na qual é possível focar um objeto com nitidez, seja de aproximadamente 25 centímetros. Distâncias menores exigem um esforço maior de acomodação e, em geral, não são sustentáveis por longos períodos sem desconfortos visuais.

Um detalhe importante a ser considerado é que, para que a imagem formada na retina seja nítida, a distância P' — ou seja, a distância entre o sistema de lentes do olho e o local onde a imagem é projetada — deve coincidir exatamente com o comprimento do globo ocular. Em outras palavras, P' deve ser igual ao diâmetro axial do olho. Caso essa correspondência não ocorra, a imagem não será formada sobre a retina, mas sim à sua frente ou atrás dela, resultando em uma imagem borrada ou desfocada. Esse desajuste pode causar miopia (quando a imagem se forma antes da retina) ou hipermetropia (quando a imagem se forma depois da retina). Em ambos os casos, a nitidez visual é comprometida, a menos que haja correção óptica (com óculos, lentes de contato ou cirurgia) ou que o sistema de lentes do olho consiga compensar a diferença por meio da acomodação — o que nem sempre é suficiente.

Assim, o correto alinhamento entre a distância focal ajustada do sistema óptico ocular e o comprimento do globo ocular é fundamental para a formação de uma imagem clara e precisa na retina.

METODOLOGIA

Participaram da atividade aproximadamente 34 estudantes, com idades entre 12 e 14 anos. A proposta pedagógica foi dividida em três momentos: no primeiro momento os alunos foram convidados a escrever um breve texto respondendo à pergunta: “Por que utilizamos óculos para corrigir os problemas oculares e como eles funcionam?”, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios e possíveis concepções alternativas sobre o fenômeno da visão.

Logo após, foi apresentada uma câmara escura construída com materiais simples (caixa de papelão, papel vegetal e lupa), permitindo a observação da formação invertida da imagem. Na sequência, foi utilizado um protótipo tridimensional do olho humano, produzido com impressora 3D, para explicar o funcionamento anatômico e óptico do olho. Os estudantes puderam manipular o modelo, observando a relação entre a estrutura do olho e o fenômeno da inversão da imagem. Além dos alunos, na fase da



problematização e da aplicação, houve a presença de um professor e do coordenador do PIBID.

Por fim, ao término da aula, solicitamos que os alunos reescrevessem sobre a atividade e respondessem outra vez à pergunta-problematizadora.

	PLANEJAMENTO	APLICAÇÃO
1º	Construção da situação-problema diretamente ligada a uma situação real, bem como a atividade experimental que será realizada com o aparato experimental.	Na aula de óptica geométrica, introduziremos os conceitos fundamentais de óptica, bem como experimentos da câmera escura e protótipo do olho humano impresso em 3D para melhor visualização. Iniciaremos uma discussão sobre como eles acham que funciona o olho humano.
2º	Construção das perguntas para a problematização, que devem ser do tipo “o que vai acontecer se...” o mais abertas possível para não influenciar nas respostas dos alunos.	Na apresentação e explicação do funcionamento das lentes e dos fenômenos, estimular os estudantes com perguntas “o que vai acontecer se...?”, “mudar a posição influencia...?”.
3º	Nesta etapa, o planejamento é prospectivo, pois não sabemos quais serão as explicações prévias que os alunos apresentarão. Contudo, é necessário definir conceitos presentes no modelo físico que será utilizado na explicação.	Guiar a problematização na construção dos conceitos: estrutura do olho humano, imagem, distância focal, vergência, miopia, hipermetropia.
4º	Escolha de uma situação real que possa ser explicada com o modelo físico utilizado na atividade experimental.	O funcionamento dos óculos de grau será utilizado como situação para a explicação e aplicação dos experimentos.

Tabela 1: Tabela de planejamento e aplicação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta atividade teve como principal objetivo desmistificar, na percepção dos estudantes do último ano do ensino fundamental, a ideia de que a Física é uma disciplina difícil e, por muitas vezes, enigmática. Para isso, foi elaborada uma aula integrando



momentos teóricos e práticos. A partir de um modelo tridimensional pré-disponibilizado em uma plataforma online de modelos 3D, construímos a reprodução de um olho humano e utilizamos uma lente biconvexa proveniente de uma lupa. Além disso, utilizamos mais dois materiais, imagens impressas sobre os formatos dos olhos e um conjunto de óptica para os experimentos de refração e lentes.



Figura 1: Protótipo montável do olho humano feito em impressora 3D.

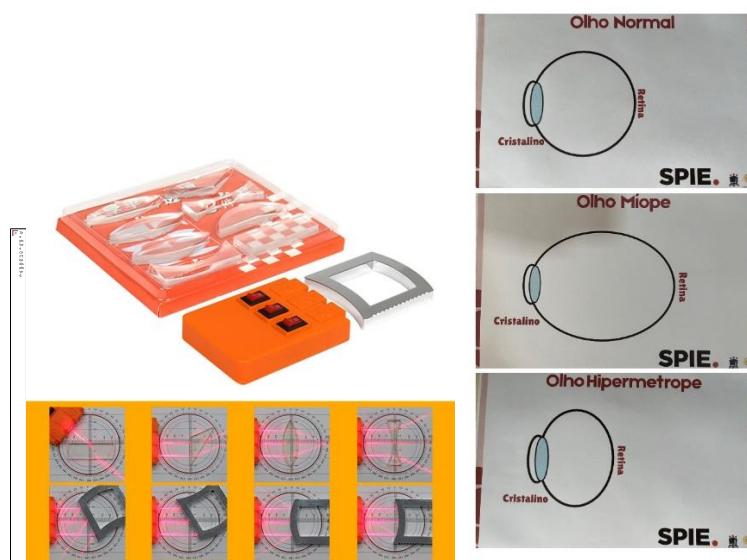


Figura 2: Recursos e equipamentos utilizados em sala de aula.

No início da aula, indagamos aos alunos a seguinte pergunta-problematizadora: “Por que utilizamos óculos para corrigir os problemas oculares e como eles funcionam?” e instruímos que eles escrevessem a resposta em uma folha de ofício. Algumas dessas respostas estão nas imagens abaixo.



Na minha ~~compreensão~~ compreensão
nos nossos olhos são compostos
pelos glóbulos oculares e iris...
No qual a luz reflete-se em
nossos olhos (passando pela córnea)

Quêê de ser humano em vários órgãos que ajudam ao ser
humano a ter a visão um dos órgãos são a pupila
e a córnea que ajudam muito a visão de ser humano.

• Criado por Deus. Deve ter algum ligamento que faz ele
enxergar a luz

As imagens são formadas e incidem sobre a retina de forma invertida e depois é enviada a interpretação pelo cérebro.

01. a luz entra no olho e reflete na pupila e
vira, e cria a imagem no cérebro.

Figura 3: Respostas dos alunos sobre a pergunta problematizadora no início da aula

É notório as respostas vagas e aleatórias por parte dos estudantes, evidenciando também o pouco letramento científico. Essa proposta permitiu observar dois momentos distintos: no primeiro, durante a aula teórica, os estudantes demonstraram menor interesse e atenção; no segundo, com a utilização do modelo impresso em 3D, foi possível perceber maior envolvimento, entusiasmo e curiosidade em relação ao conteúdo. Essa experiência evidencia, mais uma vez, que as aulas práticas desempenham um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem, tornando o conhecimento científico mais acessível, dinâmico e significativo para os estudantes. Ao final da aula, retornamos a pergunta problematizadora do início e novas respostas foram obtidas, algumas delas estão abaixo.



APRENDI mais sobre a estrutura do olho. Onde temos músculos que se alteram, uma camada cristalina vai, vem... Além de que temos vários tipos de lentes. E descobri que a luz é uma onda eletromagnética, é tudo o que vemos. Existe desde ondas de rádio, microondas, infravermelho, ultravioleta, raios X e gama.

Nossa aula aprendi que dependemos da visão na vida que nós temos. Nós temos vários tipos de lentes diferentes para resolver o problema. E minha aula me deu com uma visão totalmente diferente dos livros que têm coisas na vida.

A luz reflete no objeto e reflete para o olho através da lente bi-convexa e bate na retina.

Eu aprendi mais o que é a luz, como a imagem é formada e também os diferentes tipos de lentes e suas funções.

2- Aprendi que para cada problema no olho exist. um lente específico.

Figura 4: Algumas respostas dos alunos obtidas ao final da aula.

Sendo assim, fica evidente que são necessários maiores investimentos para o desenvolvimento de pesquisas acerca da impressão 3D em todos os níveis educacionais, promovendo um ensino mais atrativo, ativo e significativo. Os resultados desta pesquisa vão além da importância de tecnologias 3D educacionais na sala de aula, ao evidenciar o impacto da utilização dessas tecnologias para o ensino-aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade desenvolvida proporcionou aos estudantes um contato com uma aula de física diferenciada que, além de despertar o interesse dos alunos, permitiu registrar a ampliação dos seus entendimentos sobre o processo da visão e a necessidade de utilização de óculos de grau para a correção da miopia e da hipermetropia. Inicialmente, solicitou-se que os alunos



registrassem, por escrito, como acreditavam que ocorre o processo de visão humana e a utilização dos óculos de grau.

Posteriormente, iniciou-se a abordagem teórica. Observou-se, em um primeiro momento, certa dispersão por parte da turma diante dos conceitos introdutórios. Contudo, a introdução do protótipo do olho humano representou um ponto de virada na dinâmica da aula: a atenção dos alunos foi rapidamente direcionada à atividade prática, evidenciando maior envolvimento e participação.

Além disso, a abordagem problematizadora, quando articulada ao uso de aparatos que possibilitam a visualização prática dos conceitos físicos, mostra-se uma estratégia eficaz para despertar o interesse e favorecer a compreensão significativa dos fenômenos científicos. Assim, reforça-se a importância de práticas pedagógicas que aproximem a teoria da experimentação, tornando o ensino de Física mais acessível, dinâmico e relevante para os estudantes.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente.

À minha mãe, pelo apoio incondicional e conselhos que me guiam até hoje.

Gostaria de agradecer ao nosso coordenador, do Programa Institucional de Bolsas à Docência (PIBID), Professor Dr. Nairon, pelas orientações, pelos conselhos, pelo incentivo, pela insistência e por ser o nosso maior incentivador. Obrigada por tanto crescimento acadêmico.

Ao meu colega pibidiano, Matheus Henrique, pela parceria, pelo esforço e por dividir comigo essa responsabilidade.

Por fim, o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

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

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2006.



MOREIRA, M. A. Uma abordagem cognitivista ao ensino de Física – Editora da UFRGS – Porto Alegre. 1983.

