

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* OURO PRETO
LICENCIATURA EM FÍSICA

Alexia Cristina Oliveira Maia

**UM ESTUDO SOBRE A INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E BIOLOGIA
POR MEIO DA MICROSCOPIA ÓTICA**

Ouro Preto

2024

ALEXIA CRISTINA OLIVEIRA MAIA

**UM ESTUDO SOBRE A INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E BIOLOGIA
POR MEIO DA MICROSCOPIA ÓTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso Licenciatura em Física do Instituto
Federal de Minas Gerais – *Campus* Ouro Preto
como requisito parcial para obtenção do título
de Licenciado em Física.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Januária Fonseca
Matos

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Elisângela Silva
Pinto

Ouro Preto

2024

M217e

Maia, Alexia Cristina Oliveira.

Um estudo sobre a interdisciplinaridade entre Física e Biologia por meio da Microscopia Ótica [manuscrito] / Alexia Cristina Oliveira Maia. – 2024.

67 f. : il.

Orientadora: Januária Fonseca Matos.

Coorientadora: Elisângela Silva Pinto.

Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2024.

1. Biologia. 2. Física. 3. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. I. Matos, Januária Fonseca. II. Pinto, Elisângela Silva. III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 53:57

Catálogo: Kelly Cristiane Santos Moraes - CRB-6/3217

Alexia Cristina Oliveira Maia

**UM ESTUDO SOBRE A INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E
BIOLOGIA POR MEIO DA MICROSCOPIA ÓTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Física do Instituto
Federal de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto
para obtenção do grau de licenciada em Física.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Januária Fonseca Matos

Coorientador(a): Prof.^a Dr.^a Elisângela Silva Pinto

Aprovada em: 23 / 09 / 2024 pela banca examinadora:

Januária Fonseca Matos

Prof.^a Dra.^a Januária Fonseca Matos - IFMG - *Campus* Ouro Preto

Atália Júlio Benedito

Msc. Atália Júlio Benedito

Wflander Martins de Souza

Msc. Wflander Martins de Souza

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo privilégio de ter chegado até este momento tão importante, a conclusão do curso de Licenciatura em Física. Sem Ele, nada disso seria possível!

Agradeço aos meus pais por todo o apoio incondicional em cada etapa da minha vida acadêmica, e também aos meus irmãos, que sempre estiveram presentes, torcendo por mim e me incentivando de alguma forma!

Agradeço ao meu noivo, que esteve ao meu lado em todos os momentos, oferecendo forças, apoio e amor. Sua companhia e encorajamento foram fundamentais para que eu chegasse até aqui!

Agradeço aos meus amigos e colegas da turma OPL-FISI-2020.1. Foi uma jornada desafiadora, mas juntos conseguimos superar cada obstáculo. Vocês tornaram essa caminhada muito mais leve e prazerosa, e por isso sou imensamente grata!

Agradeço à minha orientadora e à coorientadora, por toda paciência, orientação, e por acreditarem no meu potencial. Suas palavras de incentivo e a parceria ao longo desse processo fizeram toda a diferença!

Agradeço aos técnicos administrativos do *Campus* Ouro Preto, por todo suporte prestado durante minha jornada acadêmica!

Por fim, agradeço a todos os professores da CODAFIS por compartilharem seu conhecimento e experiência ao longo dessa trajetória. Foi uma honra aprender com vocês e fazer parte dessa trajetória!

RESUMO

A Biologia e a Física permeiam o cotidiano de forma que por muitas vezes são imperceptíveis e profundas, sendo possível relacionar seus conteúdos às experiências diárias dos estudantes em sala de aula. Esta pesquisa aborda a interdisciplinaridade no ensino básico, utilizando uma sequência didática com o uso da microscopia ótica, de modo a criar um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes explorem e apliquem os conceitos estudados. Aulas expositivas tendem a tornar os conteúdos abstratos e distantes da realidade dos discentes, enquanto atividades experimentais tornam o aprendizado mais ativo, permitindo que os estudantes questionem, compreendam e relacionem teoria e prática. A interdisciplinaridade surge como uma resposta para integrar conhecimentos e superar as barreiras tradicionais entre disciplinas. No projeto, sequência didática entre Biologia e Física foi promovida por meio de aulas teóricas e práticas para duas turmas do 2º ano do Ensino Técnico Integrado de uma escola Técnica Federal. O microscópio ótico foi utilizado como ferramenta central, permitindo que os estudantes explorassem conceitos de ótica geométrica e ordens de grandeza em quatro aulas interdisciplinares, conectando teoria e prática de forma significativa. Analisou-se a percepção dos estudantes das atividades desenvolvidas. Os dados obtidos por meio do questionário de percepção mostraram que a grande maioria dos participantes concorda que as atividades interdisciplinares contribuíram para uma melhor compreensão dos processos biológicos e fenômenos físicos e que a abordagem interdisciplinar facilitou a identificação de fenômenos físicos no cotidiano.

Palavras-chave: Biologia. Física. Interdisciplinaridade. Microscópio Ótico. Atividades Interdisciplinares.

ABSTRACT

Biology and Physics permeate daily life in ways that are often imperceptible and profound, making it possible to relate their content to students' daily experiences in the classroom. This research addresses interdisciplinarity in basic education, using a didactic sequence with the use of optical microscopy to create a learning environment in which students explore and apply the concepts studied. Lectures tend to make the content abstract and distant from the students' reality, while experimental activities make learning more active, allowing students to question, understand, and relate theory to practice. Interdisciplinarity emerges as a response to integrate knowledge and overcome the traditional barriers between disciplines. In the project, a didactic sequence between Biology and Physics was promoted through theoretical and practical classes for two groups of 2nd-year students of the Integrated Technical Education at a Federal Technical School. The optical microscope was used as a central tool, allowing students to explore concepts of geometric optics and orders of magnitude in four interdisciplinary classes, connecting theory and practice in a meaningful way. The students' perception of the activities developed was analyzed. The data obtained through the perception questionnaire showed that the vast majority of participants agree that interdisciplinary activities contributed to a better understanding of biological processes and physical phenomena and that the interdisciplinary approach facilitated the identification of physical phenomena in everyday life.

Keywords: Biology. Physics. Interdisciplinarity. Optical Microscope. Interdisciplinary Activities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - (a) Raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central de uma lente convergente são desviados pela lente e convergem para o ponto focal real $F2$. (b) Os mesmos raios paralelos divergem após passar por uma lente divergente. Os prolongamentos dos raios divergentes passam por um ponto focal virtual $F2$	25
Figura 2 – (a) Uma lente convergente forma uma imagem I real e invertida quando o objeto O está posicionado em uma distância maior que a distância focal $F1$. (b) A imagem I é virtual e tem a mesma orientação que o objeto O quando o objeto está posicionado em uma distância menor que a distância focal $F1$	26
Figura 3 - Uma lente divergente forma uma imagem virtual I, com a mesma orientação que o objeto O, independentemente da posição do objeto.	26
Figura 4 - Representação da reflexão e refração de um feixe de luz incidente em uma superfície de água horizontal.....	27
Figura 5 - Esquema simplificado de um microscópio ótico.	28
Figura 6 - Determinação gráfica das características da imagem final de um microscópio.	29
Figura 7 - Sequência didática desenvolvida no estudo.....	33
Figura 8 - Print da simulação da formação de imagens através de uma lente convergente.	36
Figura 9 - Aula prática utilizando o microscópio alternativo a) e b) orientações sobre o manuseio do microscópio alternativo; c) e d) estudantes manuseando o microscópio alternativo.	38
Figura 10 - Imagens da asa de formiga obtidas através da câmera de um dispositivo móvel em: a e b.....	39
Figura 11 - Amostras visualizadas ao microscópio ótico: a) estômato visto ao microscópio ótico (aumento 400 vezes) e b) sangue visto ao microscópio ótico (aumento 400 vezes).	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise da percepção das atividades experimentais e interdisciplinares por meio da escala <i>Likert</i>	43
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Poder de ampliação das lentes de um microscópio ótico.	30
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MEC – Ministério da Educação

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PNE – Plano Nacional de Educação

RCN – Referenciais Curriculares Nacionais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. JUSTIFICATIVA	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1 A interdisciplinaridade	18
4.1.2 A interdisciplinaridade no Brasil	20
4.1.3 A interdisciplinaridade por meio de atividades experimentais	23
4.2 A formação de imagens através das lentes	24
4.2.1 O estudo da refração da luz.....	27
4.3 O microscópio ótico	28
4.3.1 Microscopia no Ensino: unindo conceitos teóricos e a experiência prática	30
5. METODOLOGIA.....	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
6.1 Etapas da Sequência Didática	35
6.1.1 Aula Teórica	35
6.1.2 Atividade Prática I: Utilizando o Microscópio Alternativo.....	37
6.1.3 Atividade Prática II: observação de estruturas biológicas ao Microscópio Ótico	39
6.2 Questionário de Percepção dos Estudantes.....	41
6.2.1 Aulas práticas e aprendizado	43
6.2.2 A compreensão das Ciências da Natureza por meio de atividades práticas interdisciplinares	44
6.2.3 O interesse pela Física e Biologia por meio de atividades práticas interdisciplinares	45
6.2.4 Parecer dos estudantes quanto às atividades interdisciplinares	45
6.3 Limitações do Estudo	47

7. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A – Roteiro: Formação de Imagem em um Microscópio Ótico.....	54
APÊNDICE B – Manual de Utilização do Microscópio Alternativo	55
APÊNDICE C – Questões aula prática: Microscópio Ótico.....	57
APÊNDICE D – Questionário de Percepção: Microscopia	60
ANEXO A – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	62
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	65

1. INTRODUÇÃO

Ao observar o âmbito educacional, constata-se que a interdisciplinaridade tem sido extremamente importante na disseminação do conhecimento, tornando-se objeto de análise por diversos autores, especialmente por aqueles que se dedicam à pesquisa das teorias curriculares e da epistemologia da pedagogia. O estudo em torno dela mostra-se através de duas perspectivas fundamentais: a epistemológica e a pedagógica. Ambas as abordagens abrangem conceitos diversos e que, na maioria das vezes, se complementam (THIESEN, 2018).

No campo da epistemologia, a análise se concentra em categorias essenciais para compreender a interdisciplinaridade: a produção, reconstrução e socialização do conhecimento; a dinâmica da ciência e seus paradigmas; e, a metodologia como um elo entre o indivíduo e a realidade (THIESEN, 2018). Do ponto de vista epistemológico, a interdisciplinaridade engloba o aproveitamento dos modos pelos quais o conhecimento é gerado, renovado e compartilhado, e, por outro lado, a abordagem pedagógica da interdisciplinaridade centra-se em questões curriculares de ensino e aprendizagem (THIESEN, 2018).

No cenário educacional contemporâneo, torna-se imprescindível que as metodologias pedagógicas envolvam uma abordagem que estabeleça conexões entre a vivência cotidiana dos estudantes e o conteúdo mediado pelo professor dentro das salas de aula. Espera-se que ao relacionar as experiências do estudante com o conceito teórico acadêmico, a educação adquira uma dimensão mais relevante e significativa, permitindo não apenas a assimilação do conhecimento, mas também sua aplicação prática e contextualizada.

As complexidades e desafios que impactam o sistema educacional de maneira abrangente e, mais especificamente, no ensino de Física, não são problemas recentes; há muitos anos essas questões têm sido objeto de estudos (ARAÚJO *et al.*, 2003) visto que os discentes encontram inúmeras dificuldades para compreender os seus conceitos e aplicabilidades. Nesse contexto, surge também a necessidade de incorporar aulas práticas no ensino de Biologia, de modo a estabelecer uma aprendizagem que seja dinâmica e atrativa (CARMO, 2013). Ao incluir aulas práticas como parte integrante do currículo, os estudantes têm a oportunidade de explorar conceitos biológicos de maneira concreta, estabelecendo uma conexão tangível entre teoria e aplicação.

As manifestações da Física e da Biologia nos múltiplos ambientes da vida cotidiana humana são evidentes. Desde as leis fundamentais da Física que regem o movimento dos objetos e a interação das forças na natureza até os processos biológicos que sustentam a vida e

a diversidade das espécies, essas disciplinas permeiam nosso dia a dia de maneiras por muitas vezes imperceptíveis e profundas.

Dessa forma, esta pesquisa buscou analisar a significância interdisciplinar por meio de aulas teóricas e práticas entre as disciplinas de Biologia e Física no contexto educacional. Foram abordados conteúdos que integram as duas áreas do saber, com foco na elaboração e implementação de atividades práticas que utilizam conceitos e métodos de ambas as disciplinas para aprofundar a compreensão dos conteúdos desenvolvidos. Além disso, a pesquisa buscou analisar a perspectiva dos estudantes em relação a essa abordagem interdisciplinar, visando identificar fatores que facilitam ou dificultam sua implementação e sua influência no engajamento e desempenho dos estudantes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar a interdisciplinaridade por meio de aulas teóricas e práticas, entre a Biologia e Física com base nos conteúdos de ordens de grandeza e ótica, utilizando-se a Microscopia Ótica, em duas turmas do 2º ano do Ensino Técnico Integrado de uma escola Técnica Federal.

2.2 Objetivos Específicos

- Oferecer alternativas à promoção da integração dos conteúdos teóricos sobre ordens de grandeza e ótica à sua aplicação no campo das Ciências Biológicas e ao cotidiano dos discentes por meio da realização de atividades práticas interdisciplinares e contextualizadas;
- Ilustrar a relação entre Ciência e Tecnologia por meio do entendimento do funcionamento de um Microscópio Ótico e de sua utilização para o estudo da Biologia;
- Utilizar atividades experimentais como metodologia que promova uma aprendizagem mais significativa nas aulas de Biologia e Física.
- Analisar a percepção dos estudantes sobre a importância da perspectiva das atividades práticas interdisciplinares para o entendimento dos conteúdos de Biologia e Física.

3. JUSTIFICATIVA

Presentemente, vivencia-se uma época de transformação na educação em que os métodos tradicionais de ensino vêm se tornando cada vez mais ultrapassados (LIBÂNEO, 2002). Nesse contexto, Libâneo (2002) propõe uma visão mais integrada do conhecimento, mostrando como as disciplinas podem se conectar de forma prática e útil. Esse autor defende a importância de motivar os discentes ao relacionar o que estudam com situações do cotidiano, tornando assim o aprendizado mais significativo. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é importante abordar em sala de aula questões do dia a dia, para que o estudante consiga entender, compreender e interpretar as mudanças ao seu redor, e ainda, que seja capaz de argumentar sobre temas e situações sociais dentro desse contexto (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2020).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) exercem influência considerável na versão atual da BNCC, já que o documento de 2020 retorna à metodologia das competências contida nos PCNEM. Do mesmo modo, sugere que o currículo deve estar alinhado com as competências essenciais para o mundo de hoje. Os PCNEM apontam a necessidade de organizar os conteúdos em torno de temas que promovam a interdisciplinaridade, facilitando uma visão mais completa do conhecimento e incentivando o diálogo entre diferentes áreas (BRASIL, 2000). A abordagem interdisciplinar se fundamenta nas interações e relações contínuas entre as diversas disciplinas, promovendo uma troca constante de saberes e métodos entre elas (BEHRENS, 2015).

Libâneo (2002) observa que muitas escolas continuam estruturando seus currículos com base em disciplinas isoladas. Apesar disso, argumenta que os principais desafios da educação não residem apenas nessa organização. Segundo o autor, os problemas emergem principalmente de dois fatores: primeiro, o isolamento entre as disciplinas em que cada uma é tratada de forma separada sem conexões com as outras áreas do conhecimento. Isso leva a um aprendizado fragmentado e descontextualizado, que dificulta aos estudantes a compreensão integral dos conceitos e sua aplicação no mundo real. O segundo grande desafio está na prática comum de reduzir o ensino a exposições orais e à simples apresentação do conteúdo dos livros didáticos. Nesse formato, o envolvimento dos discentes em processos de investigação, o desenvolvimento de habilidades cognitivas específicas a cada disciplina e a aplicação prática do conhecimento ficam em segundo plano. Essa abordagem limita a capacidade dos estudantes de usar o que aprendem para resolver problemas concretos e entender como os conceitos se aplicam em sua vida cotidiana.

De acordo com Santos *et al.* (2011) o ensino tradicional parte da suposição de que os estudantes são receptores passivos que apenas acumulam informações. Nesse modelo, o professor ocupa um papel central e ativo, transmitindo conhecimento de forma linear, geralmente por meio de aulas expositivas. Assim, a dinâmica em sala de aula gira em torno do educador que decide o que deve ser aprendido, como o conteúdo será abordado e quais métodos serão utilizados. Esse formato, que ainda é predominante em muitas instituições de Ensino Fundamental e Médio (CASTRO *et al.*, 2016), pode dificultar a construção de uma aprendizagem significativa, pois o discente tem poucas oportunidades de se envolver de forma crítica e ativa no processo.

Com a evolução das demandas educacionais, essa visão de ensino se torna cada vez mais limitada. Atualmente, espera-se que o professor vá além do papel de "transmissor de conhecimento" para atuar como um mediador do processo de aprendizagem (CORDEIRO *et al.*, 2023). O foco deve ser em criar ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes possam explorar, questionar e aplicar o que aprendem de maneiras que façam sentido para eles. Aulas totalmente expositivas tendem a tornar o conteúdo abstrato e distante da realidade dos estudantes, dificultando a visualização de como os conceitos podem ser aplicados no dia a dia. A teoria se torna muito mais potente quando é conectada à prática, já que é nesse contexto que o discente começa a enxergar a relevância do que está aprendendo. Embora os livros sejam uma fonte rica de conhecimento, confiar apenas no aprendizado teórico pode limitar o desenvolvimento de habilidades práticas e o entendimento real dos conceitos (PENICK, 1998).

Thiesen (2018) complementa essa visão ao afirmar que a construção do conhecimento em ambientes educativos depende profundamente das relações que se estabelecem entre professores, estudantes e os objetos de estudo. O processo de ensino-aprendizagem é moldado por essas interações e, por isso, é fundamental que o professor adote uma postura dialógica, aberta à construção conjunta do conhecimento com os estudantes. Nesse sentido, o educador deve ser sensível às necessidades e características individuais dos estudantes, buscando metodologias que realmente facilitem o aprendizado e promovam o engajamento. Ao criar esse ambiente, o professor ajuda a estabelecer conexões mais significativas entre o conteúdo e a realidade do estudante, tornando o ensino mais eficaz e transformador.

A inclusão de aulas práticas surge como uma estratégia promissora nesse cenário. Castilho *et al.* (2020) argumenta que através das atividades experimentais, os estudantes deixam de ser passivos espectadores em sala de aula e passam a agir, questionar e compreender com

mais clareza as relações entre teoria e prática. Oliveira (2010) reforça essa ideia ao destacar que as aulas experimentais podem ser planejadas de diversas maneiras, desde aquelas que ilustram ou confirmam teorias até atividades que incentivam a criatividade e a reflexão crítica. Essas práticas levam os estudantes a questionar e explorar suas próprias concepções sobre fenômenos científicos, desenvolvendo uma compreensão mais profunda e contextualizada dos conceitos. As práticas experimentais são atividades que exigem esforço e dedicação dos professores para encontrar alternativas de utilização dos métodos de ensino em sala de aula, estimulando assim a curiosidade e o desejo dos estudantes pelo conhecimento e aprendizagem dos conteúdos em questão (SANTANA *et al.*, 2022).

Dessa forma, o ensino experimental se destaca como uma abordagem fundamental para a educação, uma vez que oferece aos estudantes uma experiência prática e dinâmica do conhecimento. Lima *et al.* (2011) indicam que o ensino experimental nas escolas complementa o aprendizado teórico, permitindo que os discentes adquiram uma compreensão mais ampla e concreta dos conteúdos. Ao manipular materiais e explorar métodos experimentais, o estudante desenvolve uma visão mais crítica e investigativa, promovendo um aprendizado significativo e duradouro.

Neste contexto, essa pesquisa se justifica pela necessidade de explorar maneiras de integrar teoria e prática por meio de atividades interdisciplinares, fornecendo aos professores ferramentas para despertar nos estudantes o interesse por novos conhecimentos. O objetivo é mostrar como o saber científico pode ser abordado de forma mais integrada, por meio de uma metodologia que combine teoria e experimentação. A proposta de utilizar uma sequência didática de atividades práticas sobre o funcionamento do Microscópio Ótico, aplicada tanto em aulas de Biologia quanto de Física, visa promover uma aprendizagem interdisciplinar e significativa, conectando conceitos teóricos com experiências práticas e aproximando o conteúdo da realidade dos estudantes.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Nos primeiros anos da década de 1970, a interdisciplinaridade ganhou destaque como uma resposta à necessidade de superar as barreiras tradicionais entre as disciplinas, oferecendo novas formas de integrar e conectar os conhecimentos (MOUSINHO, 2018). Essa abordagem surge em um contexto no qual, especialmente nas Ciências Humanas e na Educação, a fragmentação e a especialização do saber se tornaram limitações significativas, consequências de uma visão positivista que dominou o pensamento científico por muito tempo. Essa epistemologia, influenciada por figuras como Galileu, Bacon, Descartes, Newton e Darwin, trouxe avanços importantes, mas também acabou segmentando o conhecimento em áreas cada vez mais isoladas (THIESEN, 2018).

A interdisciplinaridade, embora influenciada por esses mesmos pensadores, busca romper com essa fragmentação. Ela propõe uma visão mais integrada e dialógica da realidade, que tenta restabelecer conexões entre diferentes áreas do saber e combater a hiperespecialização que tanto caracteriza a modernidade. Em vez de dividir o conhecimento em partes desconectadas, a interdisciplinaridade promove a colaboração entre diferentes campos, para proporcionar uma compreensão mais completa e rica do mundo (THIESEN, 2018). Segundo Goldman (1979) essa perspectiva interdisciplinar nos permite ver com mais profundidade a relação entre o todo e as partes que o compõem.

Na educação, a interdisciplinaridade não se apresenta apenas como uma nova proposta pedagógica, mas como um ideal em constante construção entre os educadores. O termo em si é complexo e multifacetado: “uma expressão aberta, imprecisa, carregada de significado, fluida e ambígua”, como descrevem Pombo *et al.* (1994). Mesmo sem uma única definição, a interdisciplinaridade desperta o interesse e o desejo de ser compreendida e aplicada, refletindo uma busca por uma educação mais conectada, relevante e significativa.

Nas próximas seções serão abordados os seguintes temas sobre interdisciplinaridade: a interdisciplinaridade no Brasil e a interdisciplinaridade por meio de atividades experimentais. Além disso, serão discutidos conteúdos relacionados à ótica geométrica e ao microscópio ótico.

4.1 A interdisciplinaridade

O ensino do conhecimento científico ocorre frequentemente de maneira fragmentada, o que por sua vez leva à divisão das disciplinas dentro das instituições escolares,

resultando na perda de significado e no desinteresse dos estudantes por certas matérias (GERHARD *et al.*, 2016). Ainda segundo o autor, esse cenário evidencia que os estudantes muitas vezes não conseguem identificar as conexões e inter-relações entre as diversas áreas do saber. No mesmo sentido, Astolfi *et al.* (2014) apontam que o ato de ensinar um conceito não pode se restringir apenas à entrega de informações e estruturas correspondendo ao estado atual da ciência; mesmo que esses elementos sejam fundamentalmente necessários, o ensino deve transcender essa abordagem. A elaboração de uma proposta interdisciplinar demanda que os professores tenham a responsabilidade de estruturar as atividades, fomentar a reflexão crítica e estabelecer conexões entre os conteúdos abordados e a realidade, e, por outro lado, os estudantes também precisam se engajar, acompanhando as ideias do professor, questionando, debatendo e refletindo (ARRUDA, 2022). Dessa forma, o conhecimento de várias áreas do saber pode ser integrado e relacionado, possibilitando um entendimento mais profundo sobre um determinado tema. Assim, a interdisciplinaridade consolidou-se como o meio efetivo para a busca do saber.

A troca entre professores não se limita a apenas partilhar conhecimento, mas representam momentos e situações em que ocorrem análises críticas de suas práticas e rupturas epistemológicas. Segundo Japiassu (1976, p. 75):

[...] o papel específico da atividade interdisciplinar consiste, primordialmente, em lançar uma ponte para ligar as fronteiras que haviam sido estabelecidas anteriormente entre as disciplinas com o objetivo preciso de assegurar a cada um seu caráter propriamente positivo, segundo modos particulares e com resultados específicos.

Compreende-se que a aprendizagem de forma interdisciplinar ocorre quando as atividades são conduzidas de maneira satisfatória e integrada entre as múltiplas disciplinas que compõem o currículo escolar (RODRIGUES *et al.*, 2020). Nesse contexto, os estudantes são incentivados a explorar conexões e relações entre diferentes áreas do conhecimento, permitindo uma compreensão mais profunda e abrangente dos temas abordados. Dessa maneira, pode-se afirmar que:

O conceito de interdisciplinaridade fica mais claro quando se considera o fato trivial de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos (BRASIL, 2000, p. 75).

Dessa maneira, a interdisciplinaridade se configura como uma estratégia teórico-prática que direciona tanto os pesquisadores quanto os professores a explorarem conteúdos sob diversas óticas (SOUZA *et al.*, 2022). No entanto, isso não quer dizer que se deve pensar que “tudo está ligado a tudo”, mas sim reconhecer que existe uma vasta rede de conexões entre diferentes áreas do conhecimento, as quais devem ser levadas em conta para alcançar uma análise mais abrangente e profunda (SOUZA *et al.*, 2022).

4.1.2 A interdisciplinaridade no Brasil

No Brasil, a produção acadêmica e os documentos oficiais que orientam a educação básica evidenciam que a interdisciplinaridade ainda é tratada de maneira incipiente, o que dificulta sua efetiva implementação. Verifica-se que na atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) - Lei 9.394/1996, não há menção explícita e marcante sobre a importância dessa abordagem pedagógica (FORTUNADO *et al.*, 2013).

A BNCC, documento normativo destinado às redes de ensino, dita os direitos de aprendizagem de todos os estudantes da educação básica do Brasil, por meio de conhecimentos, competências e habilidades essenciais. Compõe uma estrutura cujo objetivo é promover currículos interdisciplinares, permitindo uma organização que favoreça a interligação das relações entre as diferentes áreas do conhecimento (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2020). O documento não traz definições ou discussões acerca do conceito de interdisciplinaridade, nem detalha como a sua organização viabiliza a aplicação dessa abordagem. A interação entre as áreas sugerida é limitada às disciplinas numa mesma área do conhecimento, ou seja, aquelas em que há temas que se articulam entre si.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Fundamental e Médio e os Referenciais Curriculares Nacionais (RCN) para a Educação Infantil, também são importantes guias da educação básica, dando voz à LDBEN (1996) e aos seus objetivos educacionais. Nos RCN para a Educação Infantil, a interdisciplinaridade aparece citada por duas vezes, uma como orientação didática para a condução de trabalhos em artes visuais (BRASIL, 1998) e outra, indicando a possibilidade de utilizar-se desta perspectiva para o desenvolvimento de projetos de trabalho (BRASIL, 1998).

No contexto do Ensino Fundamental, os PCN estabelecem que no âmbito da interdisciplinaridade, optou-se por adotar uma abordagem específica para as áreas, levando em consideração a relevância instrumental de cada uma, ao mesmo tempo, em que se assegurou a inclusão de elementos de integração entre essas esferas (BRASIL, 1997). Essa integração se

materializa por meio da inclusão dos Temas Transversais (Ética, Meio Ambiente, Saúde, Pluralidade Cultural e Orientação Sexual) no currículo, os quais estão interligados com as bases teóricas das áreas e seus componentes curriculares, refletindo a realidade dos estudantes e buscando o desenvolvimento e a sua formação como cidadãos (BRASIL, 1997).

No nível do Ensino Médio, os PCN abordam o trabalho interdisciplinar como uma proposta destinada a superar o modelo de ensino fragmentado, subdividido e descontextualizado, indicando a necessidade da construção do currículo de maneira orgânica, visando transcender a estrutura tradicional baseada em disciplinas isoladas, buscando revitalizar a conexão e a interdependência dos saberes. Isso ocorre por meio de um contínuo processo de interdisciplinaridade, no qual os conhecimentos são integrados e articulados de maneira dinâmica, promovendo uma abordagem mais abrangente e interligada ao longo do percurso educacional (BRASIL, 2000).

Analisando as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) - conforme a Resolução nº 2 de 30 de janeiro de 2012 - é evidente que a interdisciplinaridade é um dos princípios pedagógicos fundamentais que devem orientar o currículo. Isso é claramente expresso no Artigo 5º, que estabelece que “O Ensino Médio, em todas as suas formas de oferta e organização, baseia-se em: [...] VI - integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais, realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização;” (BRASIL, 2012, p. 2) e no Artigo 8º, no qual é relatado que

o currículo é organizado em áreas de conhecimento, a saber: § 1º O currículo deve contemplar as quatro áreas do conhecimento, com tratamento metodológico que evidencie a contextualização e a interdisciplinaridade ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos (BRASIL, 2012, p. 3).

Como forma de oferta e organização, tem-se explícito no Artigo 14 “[...] VIII - os componentes curriculares que integram as áreas de conhecimento podem ser tratados ou como disciplinas, sempre de forma integrada, ou como unidades de estudos, módulos, atividades, práticas e projetos contextualizados e interdisciplinares [...]” (BRASIL, 2012, p. 6) e ainda “[...] XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento” (BRASIL, 2012, p. 6).

O Plano Nacional de Educação (PNE) para o período de 2014 - 2024 aborda a interdisciplinaridade principalmente no contexto das estratégias de qualificação do Novo

Ensino Médio. Uma dessas estratégias é estabelecer um programa nacional de diversificação curricular para o Ensino Médio, com o objetivo de fomentar a adoção de abordagens interdisciplinares que se fundamentem na interligação entre teoria e prática (MEC, 2014). Em geral, as bases legais da educação básica no Brasil dão pouca ênfase à interdisciplinaridade, exceto no nível do Ensino Médio, no qual essa abordagem aparece mais significativamente.

Uma análise informal desses documentos em diversas escolas de educação básica revelou que em todas elas (sem exceção), a interdisciplinaridade é reconhecida como um componente fundamental para a execução das atividades educacionais, entretanto, o termo é proferido mais do que colocado em prática da mesma forma que é escrito mais do que levado às ações educacionais que visam facilitar as aprendizagens essenciais para o estudante (FORTUNADO, 2013).

Cada disciplina escolar é fundamentada por uma base epistemológica que a justifica e lhe certifica certa importância dentro do âmbito da educação básica. No entanto, a atualidade tem expandido grandemente esse campo de competência disciplinar, ao mesmo tempo, em que expõe as limitações de uma única disciplina em explicar os fenômenos diversos e complexos da vida contemporânea (FORTUNADO, 2013).

Essa situação é claramente detalhada nos PCN para o Ensino Médio. Os PCN destacam que, sob a perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a intenção de criar disciplinas ou saberes, mas sim de aplicar conhecimentos provenientes de diversas disciplinas visando solucionar um problema específico ou compreender um conhecimento particular por meio de diversas perspectivas (BRASIL, 2023). Conforme explicado de maneira convincente por Flickinger (2010, p. 49):

ainda que tematizando supostamente o mesmo mundo, as disciplinas fazem-no com base em sua perspectiva premeditada que não influencia apenas as metodologias a serem elaboradas e os limites de sua pretensão de validade, senão também o horizonte dentro do qual seus questionamentos e interesses ganham sentido.

A união das disciplinas com o propósito de compreender, prever e transformar a realidade assemelha-se ao que Jean Piaget identifica como *estruturas subjacentes* (BRASIL, 2000). Nesse contexto, o autor ressalta um elemento significativo: a compreensão dessas estruturas básicas não substitui a necessidade do conhecimento particularizado; pelo contrário, é por meio do domínio de uma área específica que se torna possível ir além do conhecimento e

perceber como essa percepção se interliga com outras áreas do saber, impulsionando a busca por explicações mais abrangentes (BRASIL, 2000).

Para Paulo Freire (1996), as características de um projeto interdisciplinar são evidentes por sua capacidade de reexaminar o antigo e transformá-lo em algo novo, já que cada novo conhecimento contém elementos do antigo. Nas palavras de Freire, “Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e se dispõe a ser ultrapassado por outro amanhã” (FREIRE, 1996, p. 31). Dessa forma, evidencia-se a importância da interdisciplinaridade na produção do novo, sendo responsável pelo alargamento dos horizontes em uma disciplina, produzindo conhecimentos novos ainda não existentes, gerando assim, novas experiências dentro da sala de aula.

4.1.3 A interdisciplinaridade por meio de atividades experimentais

O ensino experimental nas escolas tem suas origens no trabalho desenvolvido nas universidades, onde a experimentação foi uma ferramenta essencial para formar novos cientistas e pesquisadores (GALIAZZI *et al.*, 2001). Trazer essas práticas para o ambiente escolar não só permite que os estudantes apliquem a teoria de maneira prática, mas também desperta uma série de qualidades valiosas: curiosidade, entusiasmo, ludicidade e motivação. Ver a teoria ganhar vida através da prática pode transformar a experiência educacional e tornar o aprendizado mais significativo e empolgante.

Lunetta (1991) nos lembra que as aulas práticas têm um papel multifacetado no ensino das ciências. Elas são fundamentais para manter o interesse dos estudantes e engajá-los em um pensamento científico ativo. Essas atividades também desenvolvem habilidades cruciais para a resolução de problemas e a compreensão de conceitos fundamentais. Esses princípios estão alinhados com os eixos cognitivos propostos na matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2009, que enfatiza a importância de desenvolver habilidades de compreensão, argumentação e formulação de propostas (BRASIL, 2009).

No entanto, Voigt *et al.* (2011) apontam que, embora a ideia de realizar atividades experimentais seja geralmente bem recebida pelos estudantes, a realidade pode ser bem diferente. Muitas vezes, mesmo quando as escolas possuem laboratórios bem equipados, esses espaços são subutilizados. Para os estudantes, o laboratório pode parecer um ambiente distante e isolado, contrastando com outros espaços mais familiares e acessíveis, como a biblioteca ou a sala de informática (GARCIA *et al.*, 2021).

Quimentão (2015) destaca que a realização de atividades experimentais está profundamente ligada a um ensino mais contextualizado e interdisciplinar. Quando planejadas com cuidado, essas atividades oferecem diversas maneiras de explorar e entender os temas, promovendo uma integração rica entre diferentes áreas do conhecimento. Essa abordagem vai ao encontro de uma pedagogia que valoriza o diálogo e a interação, permitindo que os discentes se envolvam ativamente na construção do conhecimento. Galianzi *et al.* (2004) reforçam que uma educação que promove a troca de saberes e a reflexão crítica sobre o contexto social é essencial para a formação de argumentos sólidos e cientificamente fundamentados.

Portanto, ao incluir atividades experimentais no currículo, não estamos apenas oferecendo uma forma alternativa de aprendizado, como também enriquecendo o processo educacional como um todo. Essas atividades permitem que os estudantes integrem o conhecimento teórico com a prática, tornando o aprendizado mais coerente e aplicável. Gonçalves *et al.* (2006) destacam que as atividades experimentais não devem ser vistas apenas como facilitadoras do aprendizado conceitual, mas como uma parte integral e dinâmica desse processo.

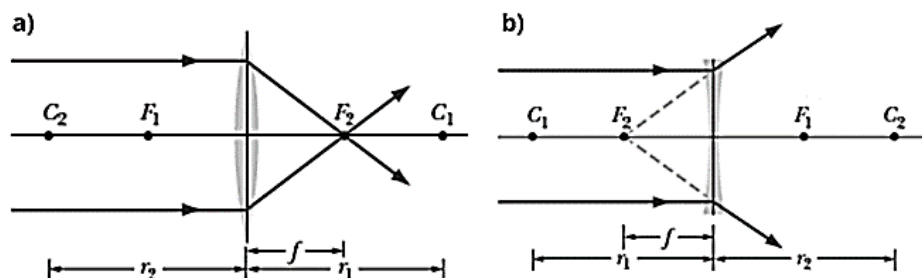
Com isso em mente, o objetivo deste projeto foi criar uma sequência didática interdisciplinar que unisse os conhecimentos de Biologia e Física. A proposta visou oferecer aos estudantes uma compreensão mais ampla e integrada dos conteúdos, explorando como os aspectos biológicos e físicos se inter-relacionam no contexto da Microscopia. Mediante essa abordagem prática e colaborativa, visou-se incentivar uma aprendizagem mais significativa e ajudar os discentes a verem as conexões entre as disciplinas e suas aplicações no mundo real.

4.2 A formação de imagens através das lentes

As lentes que apresentam as extremidades mais finas do que a parte central (como a lente biconvexa) são convergentes, e as que apresentam as extremidades mais espessas do que a parte central (como a lente bicôncava) são divergentes (LUZ, 2016).

Segundo Filho *et al.* (2016, p. 197) “uma lente é dita convergente quando um feixe de raios paralelos que incide sobre ela é transformado em um feixe de raios convergentes”. Os mesmos autores ainda definem que será divergente “quando um feixe de raios paralelos que incide sobre ela é transformado em um feixe de raios divergentes”, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - (a) Raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central de uma lente convergente são desviados pela lente e convergem para o ponto focal real F_2 . (b) Os mesmos raios paralelos divergem após passar por uma lente divergente. Os prolongamentos dos raios divergentes passam por um ponto focal virtual F_2 .



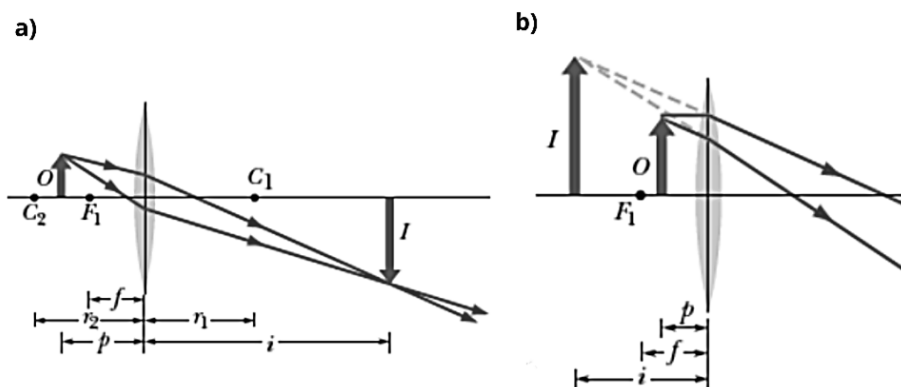
Fonte: HALLIDAY *et al.*, 2016.

Nas lentes convergentes, os raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal convergem em um ponto específico, chamado de foco. Já nas lentes divergentes, como os raios que emergem da segunda face não convergem, o foco é determinado pelo prolongamento desses raios que divergem. Como não há um ponto real de convergência, o foco das lentes divergentes é chamado de foco virtual (FÍSICA, 2005).

“A distância entre os focos e o centro da lente é chamada de distância focal” (DURAN, 2011, p. 174). Quando um feixe de luz incide paralelamente ao eixo principal, cada tipo de lente apresenta um comportamento específico. Com a distância focal de uma lente conhecida é possível determinar, de forma geométrica, a posição e o tamanho das imagens formadas. Isso é feito analisando o comportamento dos raios de luz que saem do objeto e passam pela lente, seguindo as leis da ótica geométrica (FÍSICA, 2005).

“Quando a imagem é real, a posição da imagem puntiforme é determinada pela interseção entre os raios” (YOUNG *et al.*, 2009), conforme observado através da Figura 2a, por meio de uma lente convergente. Pela mesma lente, observa-se a formação de uma imagem virtual, que será formada pelo prolongamento dos raios refratados (Figura 2b).

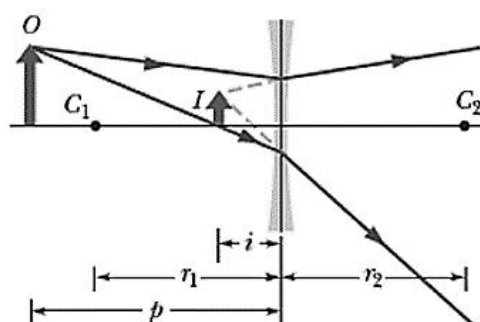
Figura 2 – (a) Uma lente convergente forma uma imagem I real e invertida quando o objeto O está posicionado em uma distância maior que a distância focal F_1 . (b) A imagem I é virtual e tem a mesma orientação que o objeto O quando o objeto está posicionado em uma distância menor que a distância focal F_1 .



Fonte: HALLIDAY *et al.*, 2016.

“Quando a imagem é virtual, a posição da imagem é determinada pela interseção dos prolongamentos dos raios emergentes” (YOUNG *et al.*, 2009). Conforme observado na Figura 3, nota-se que uma lente divergente produz apenas imagens virtuais (HALLIDAY *et al.*, 2016).

Figura 3 - Uma lente divergente forma uma imagem virtual I , com a mesma orientação que o objeto O , independentemente da posição do objeto.



Fonte: HALLIDAY *et al.*, 2016.

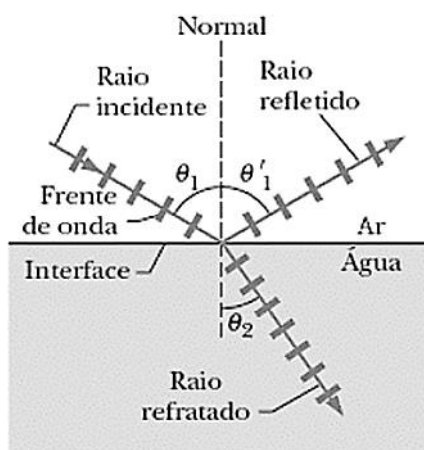
Assim, pode-se concluir que uma lente convergente poderá formar uma imagem real ou virtual, a depender da posição em que o objeto se encontra, o que resulta em uma imagem invertida ou direta. Por outro lado, as lentes divergentes produzem apenas imagens virtuais, já que os raios de luz refratados não se cruzam, mas seus prolongamentos formam uma imagem que mantém a orientação do objeto.

4.2.1 O estudo da refração da luz

De acordo com Young *et al.* (2009) quando uma onda de luz incide sobre uma superfície lisa que separa dois meios transparentes (como, por exemplo, ar e água), geralmente a onda é parcialmente refletida e parcialmente refratada para o outro meio. Os segmentos das ondas podem ser representados por conjuntos de raios que formam feixes de luz, conforme descrito pela ótica geométrica e representado na Figura 4.

As direções dos raios incidentes, refletidos e refratados na interface entre dois meios transparentes são descritas em relação aos ângulos que esses raios formam com a normal à superfície no ponto de incidência.

Figura 4 - Representação da reflexão e refração de um feixe de luz incidente em uma superfície de água horizontal.



Fonte: HALLIDAY *et al.*, 2016.

O índice de refração de um material, representado pela letra n , tem papel essencial na ótica geométrica e é definido pela razão entre a velocidade da luz c no vácuo e a velocidade da luz v no material, como representado na Equação 1 (YOUNG *et al.*, 2009):

$$n = \frac{c}{v} \quad [1]$$

O raio incidente, o raio refletido, o raio refratado e a normal à superfície estão todos no mesmo plano. Esse plano que contém os três raios é perpendicular à interface entre os dois materiais (YOUNG *et al.*, 2009).

A forma como um raio reflete ou refrata pode ser descrita pelas leis de reflexão e refração, respectivamente:

$$\theta'_1 = \theta_1 \text{ (lei da reflexão)} \quad [2]$$

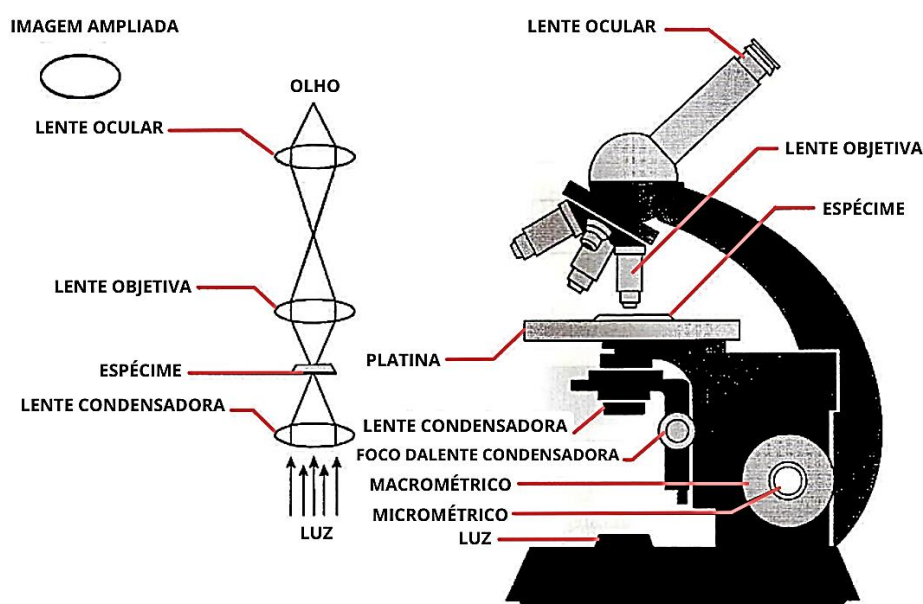
$$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_1 \text{ (lei da refração)} \quad [3]$$

A Equação 2 mostra que o ângulo que o feixe refletido faz com a normal, θ'_1 , é igual ao ângulo de incidência, θ_1 . Já a Equação 3 mostra que, quando um raio passa de um meio 1 para um meio 2, que possui um índice de refração maior e, consequentemente, uma velocidade de onda menor, o ângulo θ_2 formado com a normal no segundo meio é menor do que o ângulo θ_1 formado no primeiro meio. Isso faz com que o raio se aproxime da normal. Por outro lado, quando o segundo meio tem um índice de refração menor do que o primeiro e, consequentemente, uma velocidade de onda maior, o raio se desvia, afastando-se da normal (YOUNG *et al.*, 2009).

4.3 O microscópio ótico

O microscópio ótico, também conhecido como microscópio de luz, tem a capacidade de aumentar a imagem de um objeto. A Figura 5, ilustra as principais partes de um microscópio ótico, bem como o trajeto percorrido pelos raios de luz para realizar essa ampliação. Esse microscópio costuma proporcionar uma ampliação máxima de aproximadamente 1.000 vezes o tamanho original da amostra (PELCZAR, 1997).

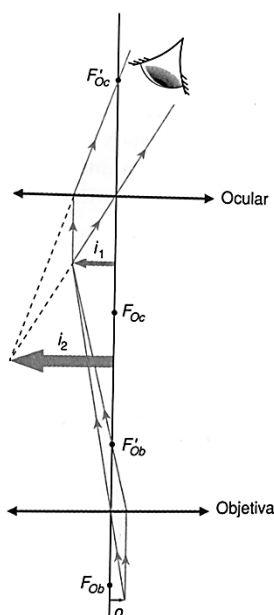
Figura 5 - Esquema simplificado de um microscópio ótico.



Conforme ilustrado na Figura 5, o microscópio é composto por duas lentes convergentes, chamadas de objetiva e ocular. O condensador também é uma lente que tem a função de focar a luz sobre o espécime que será observado. Parte dos raios de luz passa diretamente para as lentes objetivas, enquanto outros são desviados após atingirem o espécime. Os raios provenientes da amostra em análise que passam pela objetiva são difratados formando uma imagem ampliada da amostra. Os microscópios possuem diferentes objetivas, chamadas de baixo poder, alto poder e imersão, cada uma oferecendo diferentes níveis de ampliação. Essas objetivas são fixadas em um revólver porta-objetivas, que pode ser girado para alinhar qualquer uma delas com o condensador (PELCZAR, 1997).

As imagens formadas pelas objetivas são ampliadas novamente pelas lentes oculares, conforme representado pela Figura 6.

Figura 6 - Determinação gráfica das características da imagem final de um microscópio.



Fonte: Penteado *et al.*, 2005.

A lente ocular fornece uma imagem final virtual, invertida, ainda mais ampliada. A ocular amplia a imagem fornecida pela objetiva, que já era ampliada em relação ao objeto. A objetiva tem distância focal da ordem de milímetros, e a ocular, da ordem de centímetros. Dessa forma, a ampliação total resulta da combinação entre o sistema de lentes da objetiva e o das oculares, conforme observa-se na Tabela 1. Para calcular a ampliação total em qualquer

objetiva, basta multiplicar o poder de ampliação da objetiva pelo poder de ampliação da ocular (PELCZAR, 1997).

Tabela 1 - Poder de ampliação das lentes de um microscópio ótico.

<i>Designação da objetiva</i>	<i>Ampliação da objetiva</i>	<i>Ampliação da ocular</i>	<i>Ampliação total</i>
<i>Baixo poder</i>	10	10	100
<i>Alto poder (a seco)</i>	40	10	400
<i>Imersão</i>	100	10	1.000

Fonte: Microbiologia: conceitos e aplicações, 1997, p. 81.

Os microscópios óticos que utilizam luz visível possuem um poder de resolução de cerca de 0,25 micrômetros. Isso significa que partículas com dimensões menores do que esse valor não podem ser diferenciadas entre si (PELCZAR, 1997).

4.3.1 Microscopia no Ensino: unindo conceitos teóricos e a experiência prática

A microscopia é uma ferramenta fascinante que nos permite explorar um mundo que, de outra forma, permaneceria invisível aos nossos olhos. Desde sua invenção, no final do século XVI, o microscópio tem sido essencial para o avanço das ciências, oferecendo uma visão detalhada de estruturas microscópicas como células e microrganismos (GARRISON *et al.*, 1992). Esse instrumento não apenas amplia as imagens, como também abre uma janela para um universo complexo e rico em detalhes.

No contexto escolar, o microscópio pode transformar profundamente a maneira como os estudantes aprendem. Em vez de apenas ler sobre células e tecidos em livros didáticos, estes têm a chance de ver essas estruturas ampliadas, o que torna o aprendizado mais concreto e envolvente. Lunetta (1991) ressalta que as atividades práticas com microscópios despertam o interesse dos estudantes, bem como ajudam a desenvolver habilidades críticas como a observação minuciosa e a análise detalhada de objetos.

Além de proporcionar uma experiência prática, o microscópio pode conectar diferentes áreas do conhecimento de maneira significativa. Por exemplo, em Biologia, ele permite a observação direta de células e tecidos, enquanto em Física, é possível explorar conceitos óticos como a refração da luz. Essa integração entre disciplinas enriquece o aprendizado e mostra aos estudantes como o conhecimento está interligado em várias áreas (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Contudo, o uso do microscópio nas escolas pode apresentar alguns desafios. Às vezes, o equipamento pode não estar bem mantido ou os professores podem não ter a formação adequada para maximizar sua utilização. Voigt *et al.* (2011) apontam que, mesmo em escolas com bons laboratórios, o microscópio, muitas vezes, não é utilizado ao máximo. Para superar esses desafios, é essencial que o laboratório seja visto como uma extensão natural da sala de aula e que o planejamento das atividades práticas, seja feito com cuidado.

Quando bem utilizado, o microscópio oferece muito mais do que uma simples visualização de amostras. Ele estimula a curiosidade dos estudantes e promove uma abordagem investigativa do aprendizado. A combinação de teoria e prática proporcionada pelo uso do microscópio ajuda os discentes a compreenderem melhor os conceitos científicos e a aplicá-los em situações reais. Além disso, a utilização do microscópio enriquece o conhecimento dos estudantes, além de desenvolver habilidades essenciais para sua formação acadêmica e futura carreira.

5. METODOLOGIA

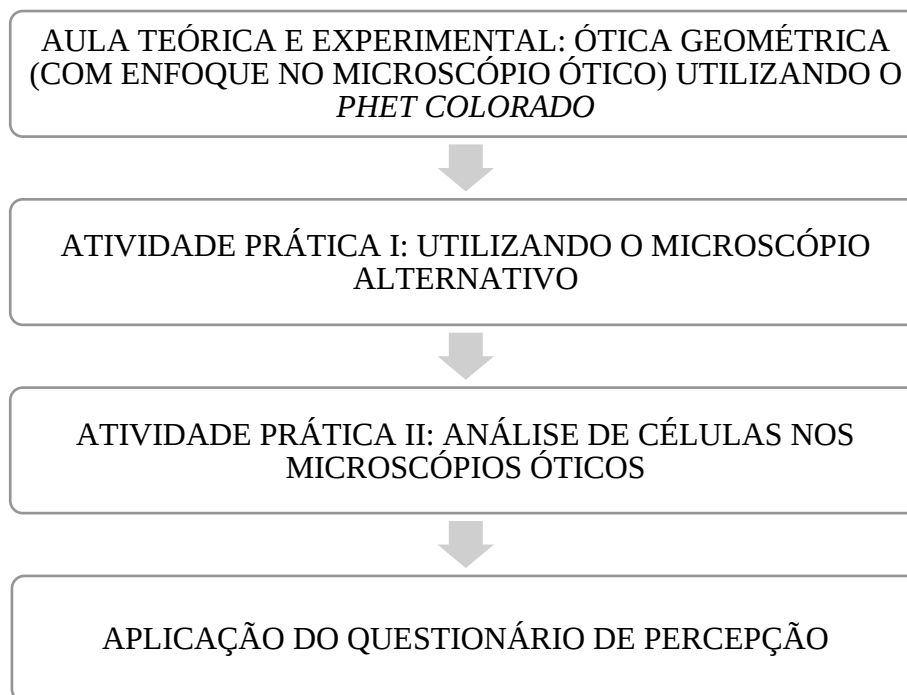
Para realizar esta pesquisa, adotou-se uma abordagem que combina revisão teórica e prática experimental, com o objetivo de explorar a interdisciplinaridade entre Biologia e Física. Esta pesquisa foi aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, parecer número 6.408.900. Inicialmente, foi feito um levantamento dos principais referenciais teóricos relacionados à interdisciplinaridade e às práticas experimentais. Esta revisão incluiu artigos acadêmicos e documentos que orientam as leis educacionais no Brasil, fornecendo uma base sólida para nossa pesquisa.

A proposta do projeto foi promover a integração entre as disciplinas de Biologia e Física por meio do desenvolvimento de uma sequência didática composta por aula teórica e atividades experimentais, tendo como público-alvo duas turmas do 2º ano do Ensino Técnico Integrado de uma escola Técnica Federal. Em tal intervenção utilizou-se o Microscópio Ótico como ferramenta central para possibilitar aos estudantes uma aprendizagem prática e conectada à teoria.

O desenvolvimento completo da sequência didática exigiu um total de quatro aulas, cada uma com a duração de 50 minutos. Essas aulas foram estruturadas para garantir uma abordagem integrada e interdisciplinar, permitindo que os estudantes explorassem os conteúdos de Biologia e Física de maneira a interrelacioná-los. Foram trabalhados conceitos básicos de Ótica Geométrica e Ordens de Grandeza, com foco no funcionamento e na importância do Microscópio Ótico para a Ciência e Tecnologia.

Para tornar o aprendizado mais dinâmico e acessível, os estudantes realizaram duas atividades práticas que ocorreram no Laboratório de Física. A primeira atividade envolveu o uso de um Microscópio Ótico feito com materiais alternativos, permitindo que os discentes experimentassem e compreendessem os princípios óticos de forma criativa e prática. Para a segunda atividade, foram utilizados Microscópios Óticos tradicionais para a observação direta de amostras biológicas. A sequência das atividades realizadas está descrita na Figura 7.

Figura 7 - Sequência didática desenvolvida no estudo.



Fonte: produzido pela autora, 2023.

Ao final da sequência didática foi aplicado um questionário para avaliar a percepção dos estudantes sobre interdisciplinaridade, utilizando a escala *Likert* (1932). Esta ferramenta é amplamente empregada para medir a intensidade da concordância dos participantes com diferentes assertivas, permitindo a quantificação de opiniões e sentimentos. No questionário, os participantes indicaram seu nível de concordância com cada assertiva apresentada em uma escala de um a cinco pontos, que vai de "discordo totalmente" a "concordo totalmente".

A escala de *Likert* é uma técnica robusta no campo das ciências sociais e comportamentais, usada para avaliar diversos aspectos, tanto tangíveis quanto intangíveis (MARI¹, 2003 *apud* BARBOZA *et al.*, 2013). Ao utilizar essa escala, os pesquisadores conseguem atribuir valores numéricos aos graus de concordância, o que facilita a análise quantitativa das respostas. Barboza *et al.* (2013) destacam que a escala *Likert* tradicional se caracteriza pela sua divisão em cinco pontos, conforme descrito por *Likert* (1932). Embora existam variações com um número diferente de pontos, essas variações são classificadas como "tipos *Likert*", e não como escalas *Likert* puras, segundo Dalmoro *et al.* (2013).

¹ MARI, Lucas. *Epistemology of measurement. Measurement*, v. 34, n. 1, pág. 17-30, 2003.

A aplicação da escala *Likert* neste estudo visou proporcionar uma visão detalhada sobre a percepção dos estudantes acerca da eficácia das atividades práticas interdisciplinares realizadas para a integração dos conceitos de Biologia e Física envolvidos na Microscopia Ótica. A escolha desta escala permitiu captar nuances na opinião dos estudantes e avaliar a intensidade de suas respostas sobre diversos aspectos das atividades. Este método facilita a identificação de padrões e tendências nas respostas, possibilitando uma análise aprofundada dos impactos das atividades práticas interdisciplinares no interesse e na compreensão dos conteúdos de Biologia e Física.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, será apresentada uma descrição detalhada das atividades desenvolvidas durante a implementação deste estudo, conforme ilustrado na Figura 7. Cada etapa das atividades realizadas com os estudantes foi projetada para maximizar a compreensão dos conceitos e promover a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, reforçando a importância da integração entre diferentes áreas do saber.

Na seção 6.1 serão descritas as etapas da sequência didática desenvolvida. Já na seção 6.2 será realizada a análise das respostas do questionário de percepção dos estudantes com relação às atividades realizadas.

6.1 Etapas da Sequência Didática

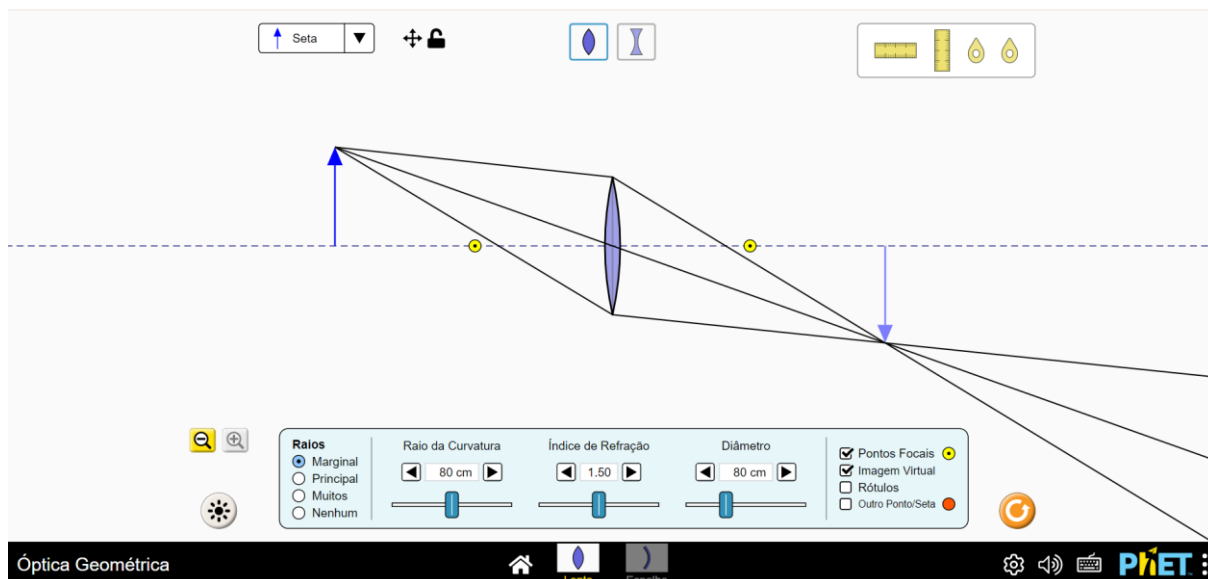
6.1.1 Aula Teórica

A aula iniciou-se com uma explicação teórica detalhada sobre o fenômeno da refração da luz, destacando como este ocorre quando a luz passa de um meio material para outro. Foram apresentadas as leis da refração, ilustradas com exemplos visuais para facilitar a compreensão dos estudantes. Essa abordagem ajudou a tornar o conteúdo mais acessível e a promover uma melhor assimilação dos conceitos. Para essa aula, utilizou-se como recurso didáticos: apresentação de slides em data show, quadro branco, pincel e apagador.

Em seguida, a discussão foi direcionada para as lentes esféricas, com foco específico nas lentes convergentes, sendo as lentes usadas em microscópios óticos, que seriam empregados nas atividades práticas subsequentes. Foi introduzido o conceito de lentes, abordando os diferentes tipos, como convergentes e divergentes, com ênfase nas lentes convergentes. Explicou-se detalhadamente como os raios de luz se refratam ao atravessar essas lentes e a importância de compreender a posição dos focos para entender a formação de imagens.

Para ilustrar a formação de imagens através das lentes, foi utilizado o simulador *PhET Colorado*, representado na Figura 8. Na seção de “Física”, selecionou-se a simulação de “Ótica Geométrica” e a opção “Lente” foi ajustada conforme as necessidades da aula. Utilizando a ferramenta de “seta”, os estudantes puderam observar como a imagem pode aparecer “invertida” ou “direta”, “real” ou “virtual” dependendo da posição do objeto em relação à lente. Também foi demonstrado como o tamanho da imagem varia com a posição do objeto e o valor do foco da lente.

Figura 8 - Print da simulação da formação de imagens através de uma lente convergente.



Fonte: PhET Colorado (https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometricopt_ics_all.html?locale=pt_BR).

Na sequência, foi apresentada a estrutura do microscópio ótico, composto por dois sistemas de lentes convergentes, cada uma com uma função específica. Para uma demonstração prática foi utilizado um microscópio real. Após compreenderem a composição e a formação de imagens no microscópio, foram discutidas as lentes objetivas e ocular e seus poderes de ampliação. Também foi abordada a escala de medidas, desde o metro até o nanômetro, ressaltando que os olhos humanos conseguem enxergar até décimos de milímetro, enquanto o microscópio ótico permite visualizar estruturas na microescala.

Abordou-se também a importância dos microscópios na ciência e na medicina, destacando como eles transformaram a capacidade de observar e estudar estruturas microscópicas, contribuindo para avanços significativos em diversas áreas do conhecimento. Foi discutido também a evolução dos microscópios ao longo do tempo e como as melhorias tecnológicas possibilitaram imagens mais nítidas e ampliações maiores, contribuindo para o avanço da ciência.

6.1.2 Atividade Prática I: Utilizando o Microscópio Alternativo

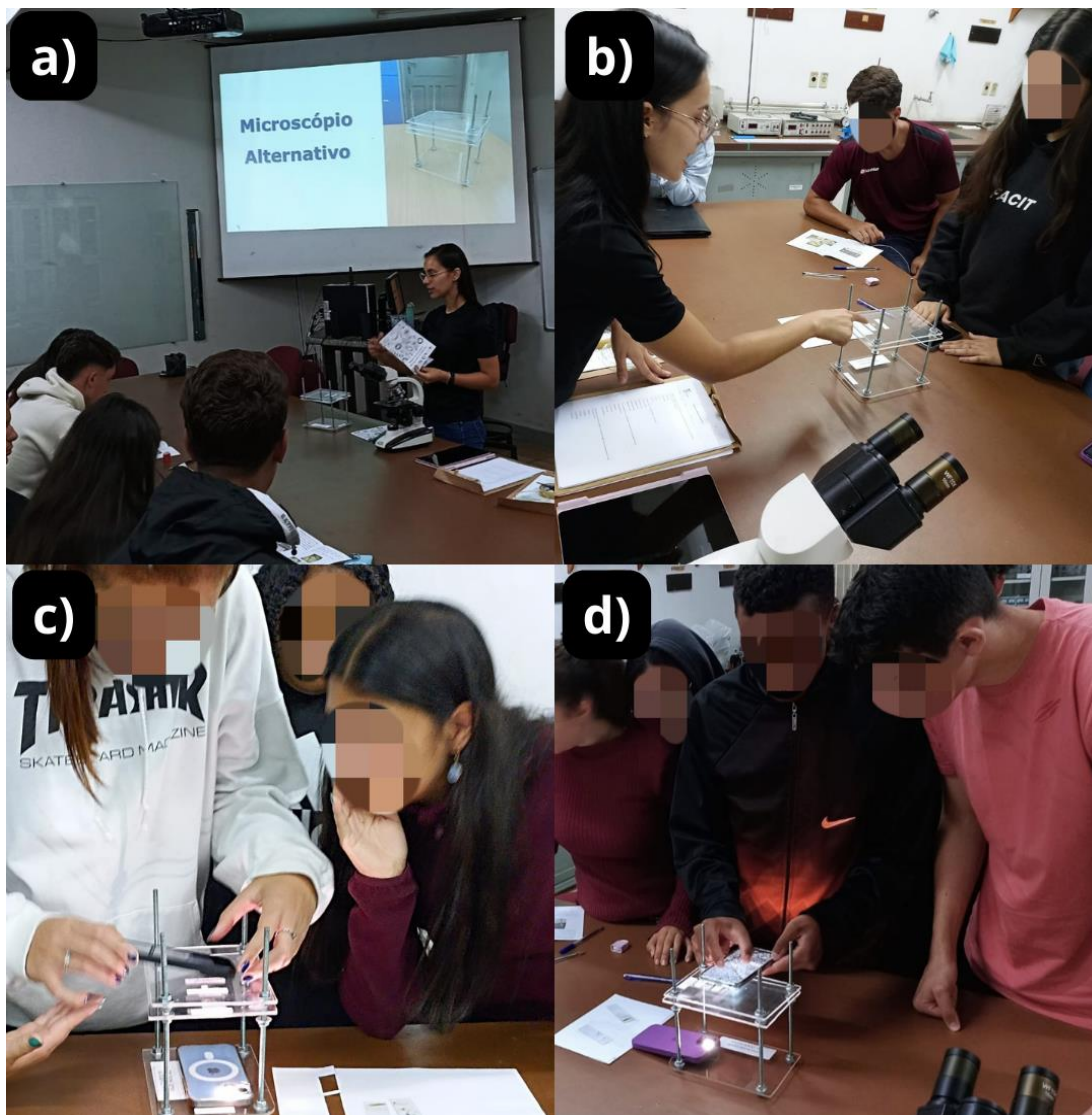
Após a aula teórica, iniciaram-se as atividades práticas. Para introduzir os conceitos abordados, os estudantes participaram de uma atividade focada na formação de imagens com microscópios óticos (roteiro no APÊNDICE A). Eles foram divididos em quatro grupos, com cada grupo utilizando um microscópio.

Na atividade, cada grupo recebeu a tarefa de desenhar a letra “A” em um papel com dimensões de 1 cm². O papel foi, então, colocado sobre uma lâmina e posicionado no microscópio para visualização. Os estudantes observaram a formação da imagem através das lentes do microscópio e foram instruídos a responder a uma questão, na qual deveriam identificar a imagem como maior que o objeto, virtual e invertida, conforme a observação realizada. Nesse momento, os estudantes aplicaram os conceitos de formação de imagens através de lentes convergentes.

Além da utilização de microscópios óticos, como parte da sequência didática, a autora realizou a construção de um microscópio de baixo custo (APÊNDICE B). O uso de materiais alternativos é uma maneira prática de tornar o ensino de ciências mais acessível a todos os estudantes. Em vez de depender apenas de amostras e lâminas comerciais que podem ter um custo elevado, foram utilizados recursos simples do cotidiano que estão facilmente ao nosso alcance. Essa abordagem permite que todos os discentes participem das atividades, independentemente de sua situação econômica (GONÇALVES *et al.*, 2006) e dos recursos disponibilizados pela instituição de ensino. Além disso, ao optar por materiais alternativos, promovemos uma abordagem mais sustentável e criativa no ensino de ciências (QUIMENTÃO, 2015).

A utilização de materiais alternativos para a elaboração do microscópio tornou o laboratório um espaço mais inclusivo. Todos os estudantes tiveram a oportunidade de explorar e aprender de maneira equitativa (Figura 9), com isso, pode-se visualizar a ciência em uma ferramenta de aprendizado que beneficia a todos, promovendo habilidades essenciais como a investigação e o pensamento crítico.

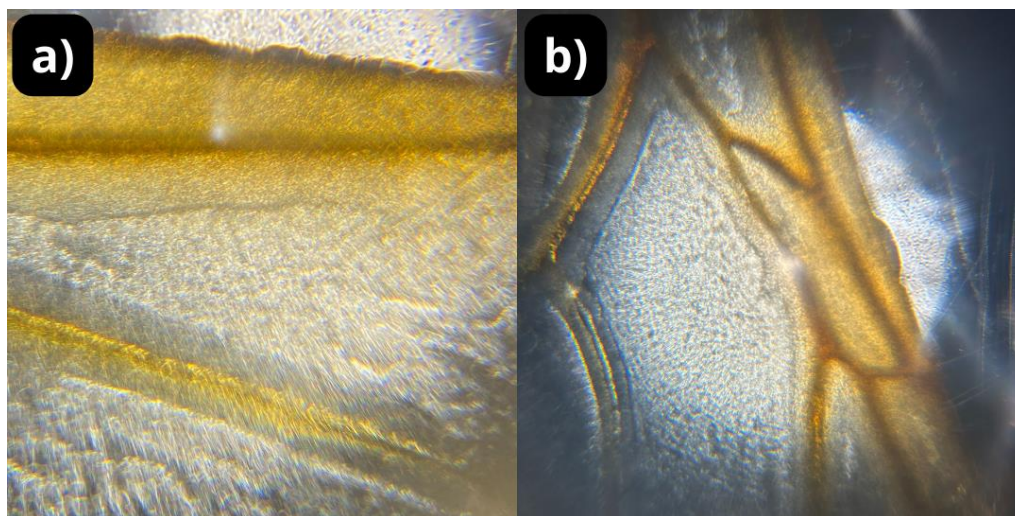
Figura 9 - Aula prática utilizando o microscópio alternativo a) e b) orientações sobre o manuseio do microscópio alternativo; c) e d) estudantes manuseando o microscópio alternativo.



Fonte: produzido pela autora, 2023.

Os estudantes tiveram a oportunidade de manusear e observar através do Microscópio Alternativo, além de registrar algumas imagens utilizando a câmera traseira de um dispositivo móvel, como observado na Figura 10. O microscópio alternativo foi projetado com o objetivo de ser mais acessível e de fácil manuseio, oferecendo uma alternativa prática para a observação microscópica.

Figura 10 - Imagens da asa de formiga obtidas através da câmera de um dispositivo móvel em: a e b.



Fonte: produzido pela autora, 2023.

Esse microscópio foi desenvolvido para permitir que os estudantes compreendam os princípios básicos da microscopia sem a necessidade de equipamentos de alto valor. Além disso, sua acessibilidade o torna uma solução viável para professores que atuam em escolas que não dispõem de microscópios tradicionais. O modelo do microscópio alternativo busca democratizar o acesso a ferramentas de observação científica, facilitando o ensino e a aprendizagem de conceitos fundamentais da ótica em diferentes contextos educacionais.

6.1.3 Atividade Prática II: observação de estruturas biológicas ao Microscópio Ótico

A segunda atividade prática consistiu na observação de estruturas biológicas através de microscópios óticos. Nesta atividade os discentes receberam um roteiro conforme modelo do APÊNDICE C.

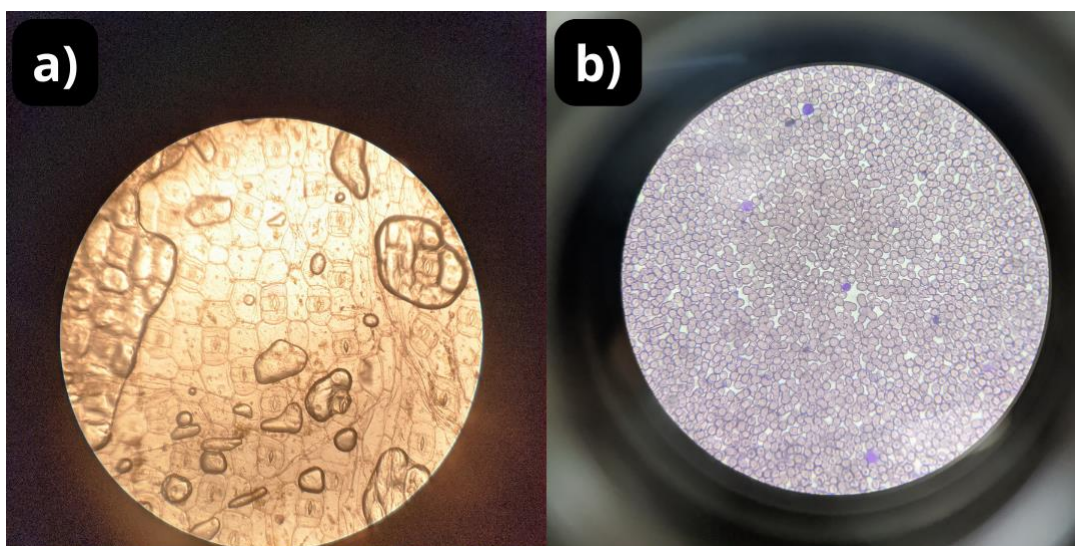
Os estudantes utilizaram oito microscópios óticos para visualizar uma variedade de amostras biológicas, incluindo estômatos (Figura 11a), células animais, esporos de pteridófitas, grãos de pólen, ovos de *Ascaris lumbricoides*, ovos de *Schistosoma mansoni*, células vegetais (cebola) e sangue (Figura 11b). A proposta de utilizar tais amostras tornou o aprendizado mais próximo do cotidiano e ajudou a criar um ambiente educacional mais contextualizado. Vale destacar que, na disciplina de Biologia, a professora regente atual das turmas havia lecionado os conteúdos em questão anteriormente. Por exemplo, ao examinar células de cebola, os

estudantes viram de perto estruturas como o núcleo e a membrana celular. Com as folhas, puderam explorar estômatos e vasos condutores. Esse contato da prática com os materiais torna o aprendizado mais significativo e garante que todos possam se envolver ativamente (VOIGT *et al.*, 2011).

Durante essa atividade, os estudantes enfrentaram o desafio de identificar cada uma das amostras e determinar a escala de tamanho mais adequada para cada tipo de estrutura observada. Na Figura 11 observa-se algumas das amostras apresentadas aos estudantes, em (a), tem-se o estômato de uma *Tradescantia*, e em (b) uma amostra de sangue humano. Esta tarefa permitiu a aplicação prática dos conceitos abordados nas aulas de Biologia, bem como também reforçou o entendimento das escalas de tamanho discutidas na aula teórica.

Os discentes puderam revisar e aplicar o conhecimento adquirido sobre as escalas de tamanho, compreendendo como diferentes organismos e estruturas biológicas se enquadram em uma escala microscópica. Essa atividade prática proporcionou uma oportunidade para integrar teoria e prática, consolidando o aprendizado e permitindo que os estudantes vissem a relevância dos conceitos discutidos em um contexto real de observação científica.

Figura 11 - Amostras visualizadas ao microscópio ótico: a) estômato visto ao microscópio ótico (aumento 400 vezes) e b) sangue visto ao microscópio ótico (aumento 400 vezes).



Fonte: produzido pela autora, 2023.

A interdisciplinaridade nesta atividade prática esteve presente quando os estudantes precisaram relacionar cada estrutura biológica à escala de tamanho e ordem de grandeza que eles estudam em disciplinas de Física. Além disso, puderam observar a aplicação dos conceitos

de ótica no funcionamento de um equipamento importante para o estudo de outras áreas do conhecimento.

6.2 Questionário de Percepção dos Estudantes

A pesquisa realizada com os estudantes do 2º ano do Ensino Técnico Integrado de uma escola Técnica Federal., após a realização da sequência didática que integrou os conteúdos de Biologia e Física, obteve resultados positivos sobre o impacto das atividades interdisciplinares na assimilação do conteúdo didático, segundo a percepção dos estudantes. Ao término das atividades práticas interdisciplinares, os estudantes foram convidados a responder a um questionário destinado a avaliar sua percepção sobre a interdisciplinaridade entre a Biologia e Física, conforme evidenciado pela aplicação da sequência didática. O questionário, respondido por 20 estudantes, incluiu questões sobre a clareza das explicações teóricas, a aplicabilidade das demonstrações práticas e a utilidade dos recursos didáticos utilizados durante as aulas (APÊNDICE D). Os resultados obtidos foram organizados e analisados utilizando a Escala *Likert*, e os dados foram apresentados no Gráfico 1. Esta escala *Likert* variou de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente) e permitiu capturar as opiniões dos estudantes sobre diferentes aspectos da sequência didática.

O Gráfico 1 ilustra a distribuição das respostas dos estudantes em relação a três dimensões: compreensão da teoria por meio da interdisciplinaridade, relevância das atividades práticas e utilidade dos recursos didáticos utilizados. A maioria dos estudantes avaliou as explicações teóricas como claras e compreensíveis, indicando uma percepção positiva sobre a eficácia da abordagem teórica interdisciplinar; também sobre a aplicabilidade das demonstrações práticas as respostas mostraram que os estudantes consideraram as demonstrações práticas relevantes para a compreensão dos conceitos, refletindo um alto grau de concordância sobre a utilidade das atividades práticas; e, sobre a utilidade dos recursos didáticos, os estudantes expressaram uma opinião favorável sobre os recursos didáticos utilizados, destacando que estes foram significativos para auxiliar no aprendizado e integrar os conceitos de Biologia e Física.

Os dados obtidos indicam que a combinação de teoria e prática foi eficaz para promover uma compreensão mais profunda e integrada dos conteúdos abordados. A análise das respostas sugere que as atividades práticas, aliadas às explicações teóricas, foram bem recebidas pelos estudantes e contribuíram significativamente para a assimilação dos conceitos interdisciplinares.

O Gráfico 1 ilustra essas percepções, destacando as assertivas de maior concordância entre os estudantes. Para uma melhor compreensão dos resultados, o gráfico foi organizado em tópicos específicos que agrupam as afirmações relacionadas ao impacto das atividades práticas e da abordagem interdisciplinar. Os tópicos foram:

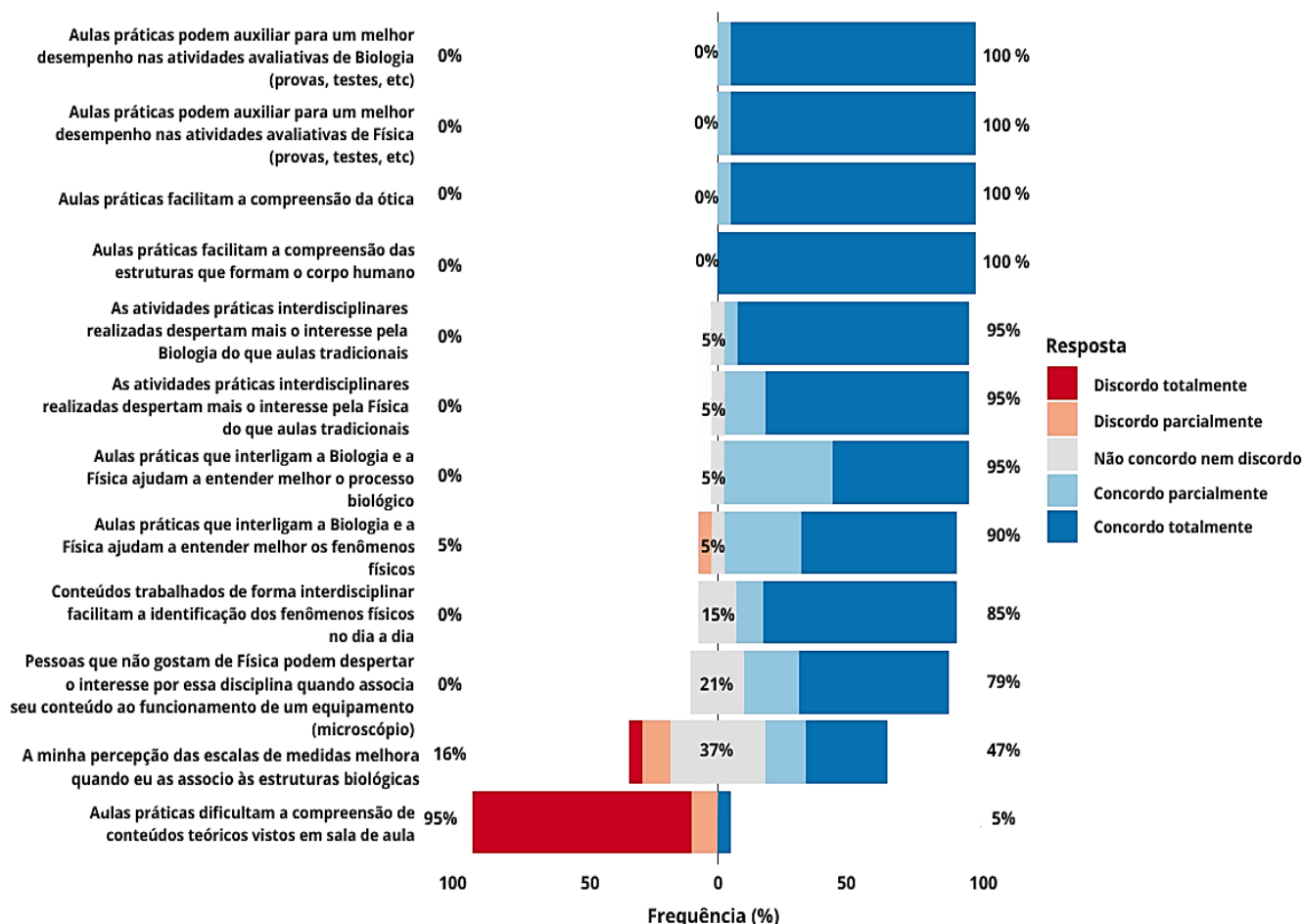
- **Aulas práticas e aprendizado:** avaliou a percepção dos estudantes sobre a eficácia das atividades práticas em reforçar o aprendizado dos conceitos teóricos. As respostas indicaram um alto nível de concordância sobre o valor das experiências práticas na compreensão dos conteúdos.

- **A compreensão das Ciências da Natureza por meio de atividades práticas interdisciplinares:** examina como as atividades interdisciplinares contribuíram para uma melhor integração e compreensão dos conceitos das Ciências da Natureza. As respostas refletem uma percepção positiva de que a abordagem interdisciplinar facilitou a compreensão dos conceitos de Biologia e Física.

- **O interesse pela Biologia e Física por meio de atividades práticas Interdisciplinares:** avalia o impacto das atividades práticas no aumento do interesse dos estudantes pelas disciplinas de Biologia e Física. Os dados mostraram que a aplicação prática e interdisciplinar despertou maior engajamento e curiosidade entre os estudantes.

- **Parecer dos estudantes quanto às atividades interdisciplinares:** refere-se às opiniões dos estudantes sobre as atividades que combinam diferentes disciplinas. Avalia como essas atividades ajudaram na compreensão dos conteúdos, no aumento do interesse e na potencialização do aprendizado.

Gráfico 1 - Análise da percepção das atividades experimentais e interdisciplinares por meio da escala *Likert*.



Fonte: produzido pela autora, 2024.

Esses tópicos foram construídos para facilitar a interpretação dos resultados, permitindo uma melhor organização destes. O Gráfico 1 oferece uma visualização clara dessas percepções, destacando as dimensões mais significativas e ajudando a identificar os aspectos mais eficazes da abordagem utilizada.

6.2.1 Aulas práticas e aprendizado

Ao avaliar as respostas dos estudantes às seguintes afirmações: **(a)** “Aulas práticas podem auxiliar para um melhor desempenho nas atividades de Biologia (provas, testes, etc.)”; **(b)** “Aulas práticas podem auxiliar para um melhor desempenho nas atividades de Física

(provas, testes, etc.)”; **(c)** “Aulas práticas facilitam a compreensão da ótica”; e **(d)** “Aulas práticas facilitam a compreensão das estruturas que formam o corpo humano”, ficou evidente que todos os estudantes (100%) reconheceram a importância dessas atividades. Eles concordaram parcial ou totalmente que as aulas práticas são fundamentais para o aprimoramento do desempenho em avaliações e para a compreensão de conceitos teóricos complexos, como a ótica e estruturas biológicas.

Esse resultado enfatiza a relevância da prática experimental como uma metodologia eficaz para consolidar o aprendizado, permitindo que os discentes visualizem e manipulem os conceitos abstratos aprendidos em sala de aula. Como apontado por Oliveira (2010) a prática experimental desempenha um papel crucial na motivação dos estudantes, tornando a teoria mais acessível e tangível.

A assertiva **(e)** “Aulas práticas dificultam a compreensão de conteúdos teóricos vistos em sala de aula” foi incluída no questionário com o objetivo de verificar a atenção dos estudantes durante o preenchimento. Observa-se que 95% dos estudantes discordaram totalmente, enquanto 5% discordaram parcialmente ou concordaram totalmente. Entre esses 5%, não é possível determinar se aqueles que concordaram totalmente o fizeram de fato ou se responderam sem ler a questão com atenção.

6.2.2 A compreensão das Ciências da Natureza por meio de atividades práticas interdisciplinares

A interdisciplinaridade, que neste estudo se deu pela conexão entre Biologia e Física, mostrou-se uma abordagem significativa na colaboração do aprendizado dos estudantes. A pesquisa explorou a eficácia dessa metodologia por meio das seguintes assertivas: **(a)** “Aulas práticas que interligam Biologia e Física ajudam a entender melhor o processo biológico”; **(b)** “Aulas práticas que interligam Biologia e Física ajudam a entender melhor o fenômeno físico”; e **(c)** “Conteúdos trabalhados de forma interdisciplinar facilitam a identificação dos fenômenos físicos no dia a dia”.

Os resultados mostraram uma forte tendência de concordância, com 95% dos discentes afirmando concordar parcial ou totalmente que a prática interdisciplinar melhorou sua compreensão dos processos biológicos, 90% apontando parcial ou totalmente uma melhora no entendimento dos fenômenos físicos, e 85% reconhecendo parcial ou totalmente que essa abordagem facilitou a identificação desses fenômenos em situações cotidianas. Essa convergência de saberes, exemplificada pelo uso do microscópio ótico para estudar conceitos

tanto de Física quanto de Biologia, reforça a importância da interdisciplinaridade na educação científica. Ela não só amplia a compreensão dos conteúdos, como também demonstra a interdependência entre ciência e tecnologia, oferecendo aos estudantes uma visão integrada e aplicável do conhecimento.

6.2.3 O interesse pela Física e Biologia por meio de atividades práticas interdisciplinares

A pesquisa também avaliou o impacto das atividades práticas interdisciplinares no interesse dos estudantes por Biologia e Física. As afirmações consideradas foram: **(a)** “As atividades práticas interdisciplinares despertam mais interesse pela Física do que as aulas tradicionais”; **(b)** “As atividades práticas interdisciplinares despertam mais interesse pela Biologia do que as aulas tradicionais”; **(c)** “Minha percepção das escalas de medidas melhora quando as associo às estruturas biológicas”; e **(d)** “Pessoas que não gostam de Física podem despertar interesse por essa disciplina quando associam seu conteúdo ao funcionamento de um equipamento (microscópio)”.

Os resultados destacaram concordância no aumento do interesse dos estudantes por ambas as disciplinas quando são trabalhadas de forma interdisciplinar, com 95% dos participantes concordando parcial ou totalmente que as atividades interdisciplinares podem ser mais eficazes em despertar interesse em comparação com as aulas tradicionais. No entanto, a percepção das escalas de medidas ainda apresentou dificuldades, como indicado pela distribuição das respostas, onde apenas 47% dos estudantes concordaram parcial ou totalmente. Isso pode indicar que, embora a interdisciplinaridade seja eficaz na maioria dos casos, existem áreas específicas que necessitam de abordagens adicionais para garantir uma compreensão maior.

A relação entre Física e o funcionamento de equipamentos, como o microscópio, pode ser uma forma eficaz de motivação pelo interesse na disciplina na visão dos estudantes. Com 79% dos estudantes concordando parcial ou totalmente que essa abordagem pode despertar o interesse, fica evidente o potencial das atividades práticas e interdisciplinares em tornar os conteúdos de uma disciplina mais atrativos e relevantes.

6.2.4 Parecer dos estudantes quanto às atividades interdisciplinares

O questionário de percepção abordou uma questão discursiva, na qual os estudantes poderiam expressar suas opiniões em relação às atividades que foram realizadas. Nesta seção,

foram analisados esses comentários. Nenhuma resposta foi considerada incorreta e as informações coletadas ajudam a ajustar as abordagens pedagógicas para atender melhor às necessidades dos estudantes e promover um aprendizado mais profundo e significativo. A pergunta formulada foi: *“Para você, as atividades interdisciplinares auxiliaram na compreensão da Física e da Biologia? Por quê?”*.

Em relação às respostas, 90% foram positivas com relação às atividades. Os restantes 10% se referem a um estudante que optou por não responder, e uma resposta em que o estudante respondeu apenas com a palavra *“Sim”*. As demais respostas serão descritas a seguir. Os estudantes E1 a E6 destacaram como as atividades práticas foram essenciais para entender ou compreender os conteúdos de maneira mais concreta, como observado em suas respostas:

E1: *Sim, porque interligam os conceitos uma da outra, ajudando compreender melhor.*

E2: *Sim, pois, ajudam a entender melhor os conceitos das matérias.*

E3: *Sim, é mais fácil de compreender o que é dito nas aulas teóricas.*

E4: *Sim, pois ajuda na melhor compreensão.*

E5: *Sim, porque, com as aulas práticas fica mais fácil de entender a matéria.*

E6: *Sim. Pois conseguimos entender o funcionamento real das coisas.*

Rocha (2016) destaca que atividades práticas incentivam os estudantes a refletirem sobre os conteúdos abordados, o que contribui para a melhoria do aprendizado. Observa-se que, ao relacionar a teoria com a prática, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar de forma mais dinâmica conceitos abstratos que, muitas vezes, são difíceis de compreender apenas por meio da explicação teórica, e isso possibilita que eles questionem, elaborem e busquem respostas para entender o "como" e o "porquê" dos conhecimentos científicos, permitindo uma melhor compreensão da teoria (CARVALHO, 2018).

Os estudantes observaram que a integração dos conceitos teóricos com práticas experimentais, como o uso do microscópio e simuladores, facilitou a assimilação dos conteúdos, mencionando que essas atividades proporcionaram uma visão mais ampla e dinâmica dos temas estudados. Para exemplificar, seguem os depoimentos dos estudantes E7 a E13:

E7: *Sim. Através das atividades interdisciplinares pudemos ver na prática os fenômenos físicos e estruturas biológicas vistas em sala.*

E8: *Sim, pois coloca em prática e nos mostra o que vimos na teoria.*

E9: *Sim, pois é mais fácil de se visualizar o que é abordado em teoria.*

E10: *Sim, pois as atividades estão interligadas, uma utiliza os conceitos da outra.*

E11, E12 e E13: *Sim, pois podemos ter uma visão mais ampla do conteúdo.*

Observa-se que as atividades práticas podem contribuir significativamente no desenvolvimento de habilidades essenciais para a formação do pensamento científico dos estudantes. Essas práticas também contribuem para superar o modelo tradicional de ensino, no qual o estudante assume um papel passivo, de mero espectador, sem participar ativamente na construção do próprio conhecimento (LIMA, 2011).

Alguns estudantes relataram que as atividades práticas interdisciplinares ajudam na concentração e até mesmo no aumento de interesse pelas disciplinas e conteúdo, como observado nos depoimentos dos estudantes E14 a E18:

E14: *Sim, porque nos ajuda a concentrar mais.*

E15: *Sim, porque nos ajuda a se concentrar mais.*

E16: *Sim, já que nos traz maior interesse e não nos limita apenas a uma sala de aula.*

E17: *Sim, pois é mais atrativa e mais legal que aulas teóricas.*

E18: *Sim, porque é mais interessante que aula teórica.*

As respostas dos estudantes destacam que a combinação de atividades interdisciplinares e experimentais não só melhora a compreensão dos conteúdos, como também desperta maior interesse e engajamento dos discentes. Isso reforça a importância de metodologias pedagógicas que associem teoria e prática, proporcionando uma experiência de aprendizado mais rica e significativa.

6.3 Limitações do Estudo

Apesar dos resultados positivos no contexto específico da instituição de ensino na qual foi realizada a sequência didática, é importante levar em conta alguns aspectos, especialmente em relação à aplicabilidade dos resultados em outros contextos escolares e aos desafios enfrentados durante a realização das atividades.

A influência do ambiente escolar é um dos aspectos mais relevantes a serem abordados. A pesquisa foi conduzida em um contexto educacional que possui algumas características favoráveis, como o acesso a laboratórios e recursos adequados para a execução de atividades práticas. Em escolas com menor estrutura, a implementação das atividades descritas pode ter dificuldades específicas, como a falta de infraestrutura, ausência de equipamentos e de materiais básicos ou, ainda, desafios no envolvimento dos estudantes em contextos de maior vulnerabilidade socioeconômica.

Ademais, é necessário analisar os resultados alcançados com cuidado. Os dados coletados, em especial aos relacionados à percepção dos estudantes sobre a interdisciplinaridade, podem não ser diretamente aplicáveis a outras instituições de ensino. Aspectos como a formação dos professores, a cultura escolar e o perfil socioeconômico dos estudantes podem influenciar a eficácia da metodologia proposta. Portanto, é necessário considerar essas variáveis ao tentar reproduzir este estudo em outros contextos.

Durante a execução das atividades práticas, notaram-se alguns desafios. A construção do microscópio alternativo, por exemplo, apesar de “inovadora”, exigiu um tempo considerável de preparação e testes para garantir seu funcionamento adequado na hora da aula. Os materiais utilizados foram de descartes de dispositivos eletrônicos, descarte de acrílico utilizado em obra residencial, e os parafusos tiveram que ser comprados, pois era necessário um tamanho específico. Além disso, a colaboração entre as disciplinas de Biologia e Física demandou um planejamento conjunto entre os professores envolvidos, o que pode ser difícil de replicar em outras escolas devido às restrições de tempo e disposição.

Outro ponto a ser considerado é a utilização de materiais alternativos. Embora essa abordagem tenha se mostrado válida no contexto deste trabalho, sua efetivação em outras situações pode ser limitada. A qualidade das imagens obtidas com o microscópio alternativo, por exemplo, é inferior à dos microscópios óticos, o que pode restringir a observação de detalhes em amostras biológicas mais complexas, impactando a profundidade do aprendizado em certo conteúdo.

Ainda, a aplicação do questionário para avaliar a percepção dos estudantes pode estar ligada a tendência dos estudantes de responderem de forma coletivamente desejável ou a influência do momento da aplicação, que ocorreu logo após a aplicação das atividades práticas. Reconhecer essas limitações é fundamental para contextualizar os resultados obtidos e orientar futuras pesquisas que possam expandir e adaptar a metodologia proposta a diferentes realidades educacionais.

7. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada com os estudantes do 2º ano do Ensino Técnico Integrado de uma escola Técnica Federal evidenciou a eficácia da abordagem interdisciplinar entre Biologia e Física, utilizando a Microscopia Ótica como peça central na conexão entre os conteúdos teóricos e práticos de ambas as disciplinas. A metodologia adotada, que incluiu atividades práticas com microscópios óticos e o microscópio alternativo, mostrou ser uma estratégia pedagógica promissora para fomentar uma compreensão mais enriquecedora e aprofundada dos conceitos discutidos nas aulas teóricas de ambas as disciplinas.

Os dados obtidos por meio do questionário de percepção mostram que 95% dos participantes concordaram que as atividades interdisciplinares contribuíram para uma melhor compreensão dos processos biológicos, enquanto 90% perceberam uma melhora no entendimento dos fenômenos físicos. Além disso, 85% dos estudantes afirmaram que a abordagem interdisciplinar facilitou a identificação de fenômenos físicos no cotidiano.

Do mesmo modo, a pesquisa também mostrou que as atividades interdisciplinares despertaram maior interesse nas disciplinas de Biologia e Física comparado às aulas expositivas. Aproximadamente 79% dos estudantes relataram que a associação de conteúdos de Física com o uso de equipamentos, como o microscópio, pode ser uma estratégia eficaz para motivar estudantes que, inicialmente, não têm interesse pela disciplina. A aula prática experimental, utilizando especificamente o microscópio alternativo, mostrou-se eficaz tanto pela acessibilidade quanto pelo interesse dos estudantes. O microscópio alternativo juntamente com o microscópio ótico, possibilitou que os discentes visualizassem conceitos de ótica geométrica e escalas aplicados às estruturas biológicas, mesmo utilizando-se de um instrumento de baixo custo, além de despertar a curiosidade e um momento de integração entre os estudantes.

A união entre teoria e prática através da interdisciplinaridade, especialmente com o uso de ferramentas criativas como o microscópio alternativo, pode promover melhor compreensão dos conteúdos e fomentar uma educação científica que se torna menos fragmentada e mais significativa, prática e envolvente. Esta pesquisa evidenciou a importância de abordagens pedagógicas que vão além das aulas expositivas, integrando saberes e estimulando a curiosidade, o pensamento crítico e a aplicação prática dos conceitos discutidos em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, [s. l], v. 25, n. 2, p. 176-194, jun., 2003.
- ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. A didática das ciências. Papirus Editora, 2014.
- BARBOZA, Stephanie Ingrid Souza; CARVALHO, Diane Lúcia Teixeira; NETO, João Batista Soares; DA COSTA, Francisco José. Variações de Mensuração pela Escala de Verificação: uma análise com escalas de 5, 7 e 11 pontos. *Teoria e Prática em Administração*, [s. l], v. 3, n. 2, p. 99-120, dez., 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Matriz de Referência para o ENEM 2009. Brasília, Distrito Federal, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de educação básica. Resolução n. 2, de 30 de janeiro 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9864-rceb002-12&category_slug=janeiro-2012-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 15 ago., 2023.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Bases Legais. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 10 ago., 2000.
- BRASIL. Referencial curricular nacional para a educação infantil. Brasília: MEC/SEF, 1998. v.3. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/volume3.pdf>>. Acesso em: 15 ago., 2023.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASÍLIA. Projeto de Lei do Plano Nacional de Educação (PNE 2011/2020): projeto em tramitação no Congresso Nacional. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2011.
- CASTRO, Tamiris Franco de; GOLDSCHMIDT, Andréa Inês. Aulas práticas em ciências: concepções de estagiários em licenciatura em biologia e a realidade durante os estágios. *Amazônia Revista de Educação em Ciências e Matemática*, [s. l], v. 13, n. 25, p.116-134, 2016.
- CORDEIRO, Thaíse Conceição; SHAW, Gisele Soares Lemos. Interdisciplinaridade no ensino de Ciências: concepções de licenciandos em Ciências da Natureza e a influência do programa institucional de residência pedagógica da UNIVASF. *Formação Docente*, [s. l], v. 15, n. 32, p. 87-104, 2023.
- DALMORO, Marlon; VIEIRA, Kelmara Mendes. Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *Revista Gestão Organizacional*, [s.l], v. 6, n. 3, 2013.

DE CARVALHO França, Nágila Naiara *et al.* Atividades Práticas no Ensino De Ciências: a Relação Teória e Prática e a Formação do Licenciando Em Ciências Biológicas. *Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*, v. 16, n. 1, p. 44-60, 2018.

DE LIMA, Daniela Bonzanini; GARCIA, Rosane Nunes. Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. *Cadernos de Aplicação*, Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 201-224, jun., 2011.

DE SOUZA, Mariana Aranha; SALGADO, Priscila Aparecida Dias; CHAMON, Edna Maria Querido de Oliveira; FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. Interdisciplinaridade e práticas pedagógicas: O que dizem os professores. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 35, n. 1, p. 4-25, 2022.

DO CARMO, Solange; SCHIMIN, E. O ensino da biologia através da experimentação. Estado do Paraná: Secretaria de Estado da Educação, 2013.

DURAN, José Enrique Rodas. *Biofísica: conceitos e aplicações*. Pearson, 2013.

FILHO, Barreto Benigno; SILVA Cláudio Xavier: *Física aula por aula: termologia, óptica, ondulatória*. São Paulo: FTD, 2016.

FÍSICA 2: Física Térmica / Óptica. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

FLICKINGER, Hans-Georg. *A caminho de uma pedagogia hermenêutica*. Campinas, SP: Autores Associados, 2010.

FORTUNATO, Raquel Paula; CONFORTIN, Renata. Interdisciplinaridade nas escolas de educação básica: da retórica à efetiva ação pedagógica. *Revista de Educação do Cogeime*, [s. l], v. 22, n. 43, p. 75-89, dez., 2013.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo. Paz e Terra, 1996.

GADOTTI, Moacir. *Interdisciplinaridade: atitude e método*. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 1999.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, [s. l], v. 27, n. 2, p. 326-331, abr., 2004

GALIAZZI, Maria do Carmo; ROCHA, Jusseli Maria de Barros; SCHMITZ, Luiz Carlos; SOUZA, Moacir Langoni; GUESTA, Sérgio; GONÇALVES, Fábio Peres. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência e Educação*, [s. l], v. 2, n. 7, p. 249-263, 2001.

GARCIA, Ronaldo Aurélio Gimenes; ZANON, Adriane Martins. Aulas experimentais de biologia: um diálogo com professores e alunos. *Instrumento: Revista de Estudo e Pesquisa em Educação*, Juiz de Fora, v. 23, n. 1, p. 42-62, 9 abr., 2021.

GERHARD, Ana Cristina; ROCHA FILHO, João Bernardes da. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, [s. l], v. 17, n. 1, p. 125-145, jul., 2016.

GOLDMAN, Lucien. *Dialética e cultura*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

GONÇALVES, Fábio Peres; MARQUES, Carlos Alberto. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, [s. l], v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006.

GONÇALVES, Júlio; OLIVEIRA, Marcos; CASTRO, Renata. *Ensino de ciências: práticas e desafios*. Rio de Janeiro: Editora ABC, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física*, volume 4: óptica e física moderna. 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016.

JAPIASSU, Hilton. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JÚNIOR, Severino Domingos da Silva; COSTA, Francisco José. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. *PMKT–Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia*, [s. l], v. 15, p. 1-16, 2014.

LIBÂNEO, José Carlos. *Didática: velhos e novos temas*. Goiânia: CORTES, 2002.

LIKERT, Rensis. *A Technique for the Measurement of Attitudes*. New York: Columbia University Press, 1932.

LUNETTA, Vincent Nicholas. Atividades práticas no ensino da Ciência. *Revista Portuguesa de Educação*, [s. l], v. 2, n. 1, p. 81-90, 1991.

LUNETTA, Vincent Nicholas. A importância das aulas práticas no ensino das ciências. *Journal of Science Education*, [s.l], v. 15, n. 3, p. 245-258, 1991.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da *et al.* *Física: contexto & aplicações*. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO / Secretaria de Articulação com os Sistemas de Ensino (MEC/SASE), 2014.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Base Nacional Comum Curricular*, 2020.

MOUSINHO, Silvia Helena. A interdisciplinaridade ao alcance de todos. *Educação Pública*, [s. l], p. 1-4, jun., 2018.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, [s. l], v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PELCZAR JUNIOR, Michael J. *et al.* *Microbiologia: conceitos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1997.

PENICK, John. Ensinando a alfabetização científica. *Educar em Revista*, Curitiba, n. 14, p. 91-113, dez., 1998.

PENTEADO, Paulo Cesar; TORRES, Carlos Magno. *Física Ciência e Tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2005.

POMBO, Olga; GUIMARÃES, Henrique; LEVY, Teresa. *A interdisciplinaridade: reflexão e experiência*. Lisboa: Texto Editora, 1994.

QUIMENTÃO, Felipe. *Educação científica e práticas sustentáveis*. São Paulo: Editora Educa, 2015.

QUIMENTÃO, Fernanda; MILARÉ, Tathiane. Contextualização, interdisciplinaridade e experimentação na Proposta Curricular Paulista de Química. *Ciência, Tecnologia e Ambiente*, [s. l], v. 1, n. 1, p. 47-54, mar., 2015.

ROCHA, Luciana Bellé. A importância das práticas de ciências para o processo ensino aprendizagem. *Revista Científica Intelletto*, v. 1, n. 3, p. 28-46, 2016.

RODRIGUES, Janine Marta Coelho; ARAGÃO, Wilson Honorato. *Educação e Interdisciplinaridade*. João Pessoa: Editora do CCTA, 2020.

SANTOS, Aline Coelho; CANEVER, Cristini Feltrin; GIASI, Maristela Gonçalves; FROTA, Paulo Rômulo O. A importância do ensino de ciências na percepção de alunos de escolas da rede pública municipal de Criciúma – SC. *Revista Univap*, São José dos Campos-SP, v. 17, n. 30, p. 68-80, 2011.

THIESEN, Juares da Silva. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação*, [s. l], v. 13, n. 39, p. 545-598, dez., 2018.

VERMANO, Alane Beatriz; PEREIRA, Antônio Ferreira; COELHO, Rosalie Reed Rodrigues; SOUTO-PADRÓN, Thais Cristina Baeta Soares. *Práticas de Microbiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

VOIGT, Liane; SOUSA, Fabiana; MARTINS, Ricardo. Cultura das atividades práticas em laboratório: uma visão dos alunos. *Revista Brasileira de Educação*, [s.l.], v. 16, n. 2, p. 145-159, 2011.

YOUNG; FREEDMAN; Sears & Zemansky: *Física IV: Ótica e Física moderna*. São Paulo: Pearson, 2009.

APÊNDICE A – Roteiro: Formação de Imagem em um Microscópio Ótico

Introdução. A primeira lente de um microscópio composto é a que está mais próxima do objeto sendo examinado e, por esta razão, é chamada de **lente objetiva**. Inicialmente, a luz da fonte luminosa do microscópio, geralmente uma lâmpada embutida no equipamento, passa pelo condensador que forma um cone de luz bem definido, concentrando a luz em direção à amostra. A luz passa pela amostra e em seguida pela lente objetiva que, então, projeta uma **imagem real, invertida e aumentada da amostra**. A **lente ocular** é o mais distante componente ótico da amostra e serve para aumentar, posteriormente, a **imagem real projetada pela objetiva**. Dessa forma, a lente ocular produz uma imagem secundária aumentada que é captada pelo olho do observador. Então, a lente ocular fornece uma **imagem final virtual, invertida, ainda mais ampliada**. A lente ocular atua como uma lupa, ampliando a imagem fornecida pela objetiva, que já era ampliada em relação ao objeto.

- Agora, vamos observar na prática como acontece a formação de uma imagem no microscópio ótico?

Procedimentos:

1. No papel disponibilizado pelo(a) professor(a), escreva com um lápis preto a letra **A**, de acordo com a escala indicada;
2. Fixe o papel sobre a lâmina e a posicione sobre a platina do microscópio, lembrando de deixar a letra **A** na posição real;
3. Observe a preparação utilizando a objetiva de menor poder ampliador.

De acordo com o que foi observado, responda as seguintes questões:

1. Quais são as características da imagem final obtida? _____
2. Preencha a Tabela 1 de acordo com o que se pede, se atentando à escala de medidas:

Tabela 1 – Aumento da letra A observada pelo microscópio ótico.

Objetiva utilizada	Aumento da ocular	Aumento da objetiva	Aumento total do objeto

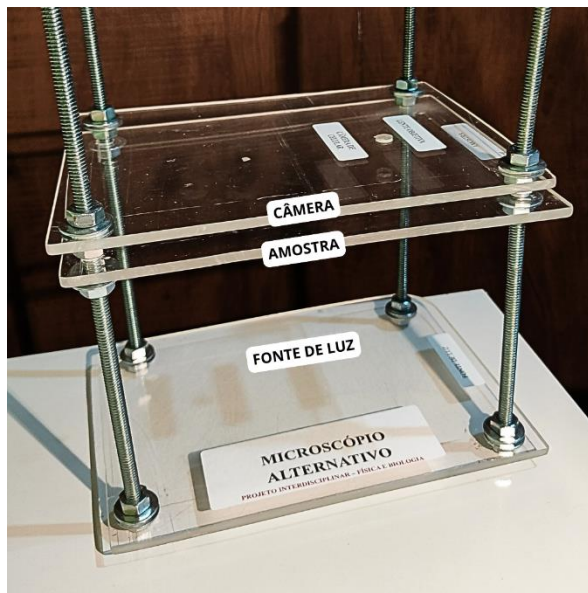
Referência: LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da *et al.* Física: contexto & aplicações. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

APÊNDICE B – Manual de Utilização do Microscópio Alternativo

Introdução:

O microscópio alternativo foi produzido com o intuito de reproduzir um protótipo do microscópio ótico com materiais de baixo custo. Na montagem, foram utilizados parafusos que sustentam a estrutura, porcas, e arruelas que fixam as bases de acrílico na posição desejada. Além disso, utilizou-se uma lente objetiva de caneta laser, pela qual, através de uma câmera de celular, será possível observar as imagens das amostras escolhidas, ampliadas.

Figura 1 - Microscópio alternativo



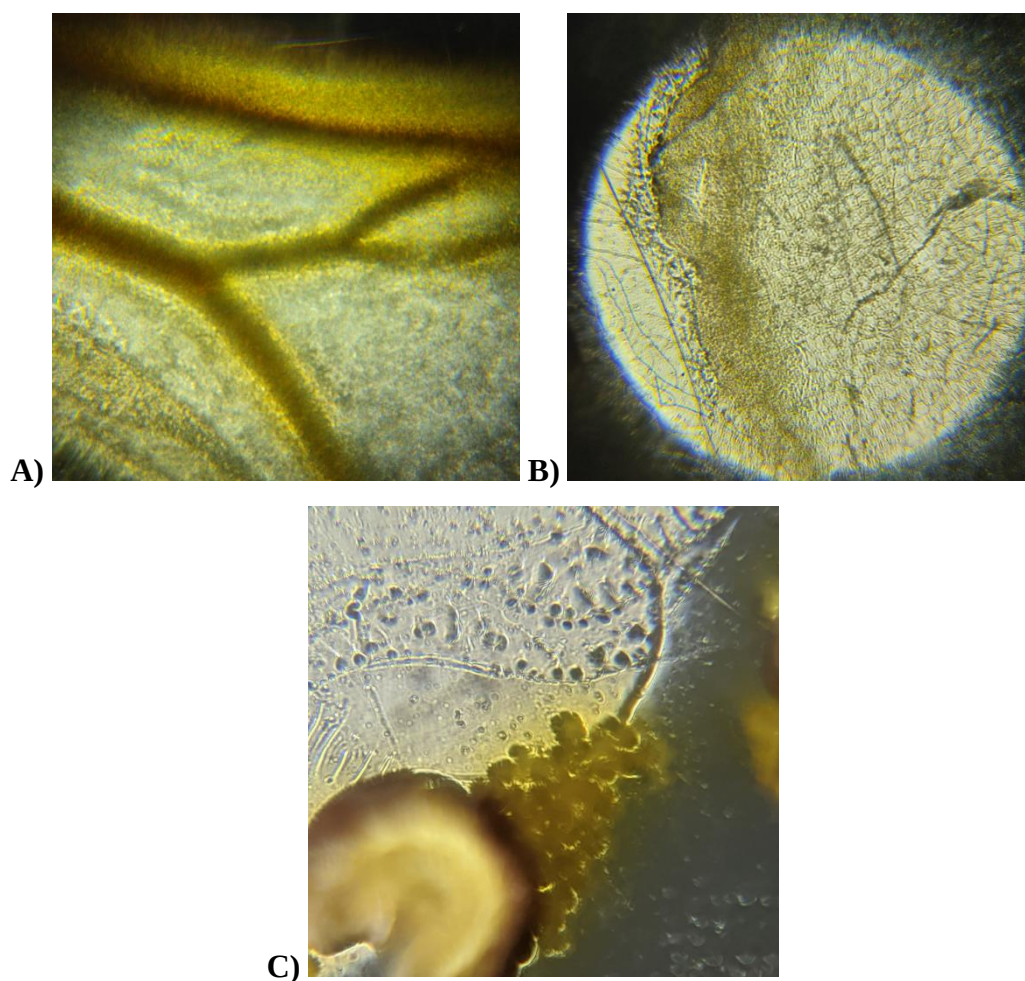
Como utilizar:

Inicialmente, observe e identifique o instrumento de acordo com a descrição em cada base de acrílico, feito isso, posicione a amostra na base indicada como “**AMOSTRA**”.

Em seguida, posicione na base “**FONTE DE LUZ**” um celular com a lanterna ligada, virada para a amostra. Agora, posicione outro celular no modo de câmera, na base indicada como “**CÂMERA**”, na mesma região onde está localizada a lente objetiva. Focalize, aumente o zoom se necessário e registre a imagem obtida.

- As imagens a seguir, são alguns exemplos do que poderá ser observado:

Figura 2 - Fotomicrografia A) asa de formiga; B) amostra de folha de *Tradescantia*; C) grãos de pólen.



Referência: DE SOUSA, Karolina Costa *et al.* MOVELCÓPIO: Microscópio de baixo custo utilizando dispositivo móvel no ensino de biologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 3, p. 520-542, 2021.

APÊNDICE C – Questões aula prática: Microscópio Ótico

Nome(s): _____

Turma: _____ Data: ____/____/____

➤ Associe cada microscópio com a amostra biológica correspondente, em seguida marque à medida que melhor se aproxima do tamanho da amostra observada e por fim, descreva quais estruturas você consegue visualizar em cada amostra.

MICROSCÓPIO 1

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 µm ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra: .

MICROSCÓPIO 2

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 µm ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra: .

MICROSCÓPIO 3

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 μ m ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra:

MICROSCÓPIO 4

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 μ m ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra:

MICROSCÓPIO 5

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 μ m ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra:

MICROSCÓPIO 6

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 μ m ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra:

MICROSCÓPIO 7

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 µm ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra: .

MICROSCÓPIO 8

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Estômato | ☐ Grão de pólen | ☐ Célula vegetal |
| ☐ Célula animal | ☐ Ovo de <i>Ascaris lumbricoides</i> | ☐ Sangue |
| ☐ Esporo de pteridófita | ☐ Ovo de <i>Schistossoma mansoni</i> | |

Tamanho: ☐ 1 cm ☐ 1 mm ☐ 1 µm ☐ 1 nm

Estruturas visualizadas na amostra: .

APÊNDICE D – Questionário de Percepção: Microscopia

Data: ____/____/____

Gênero: () Masculino () Feminino () Outro () Prefiro não responder

Idade: _____

a. Como você classificaria o seu interesse pela Física?

☐ Nenhum ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Alto

a. Como você classificaria o seu interesse pela Biologia?

☐ Nenhum ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Alto

Por favor, leia atentamente as afirmações abaixo e indique seu grau de concordância, sabendo que:

- 1- Discordo totalmente
- 2- Discordo parcialmente
- 3- Meus argumentos para discordar e concordar são equivalentes
- 4- Concordo parcialmente
- 5- Concordo totalmente

Indique apenas uma resposta para cada afirmação.

1 – Aulas práticas e aprendizado						
1.1	Aulas práticas facilitam a compreensão das estruturas que formam o corpo humano.	1	2	3	4	5
1.2	Aulas práticas facilitam a compreensão da ótica.	1	2	3	4	5
1.2	Aulas práticas podem auxiliar para um melhor desempenho nas atividades avaliativas de Física (provas, testes, etc).	1	2	3	4	5
1.3	Aulas práticas podem auxiliar para um melhor desempenho nas atividades avaliativas de Biologia (provas, testes, etc).	1	2	3	4	5
1.4	Aulas práticas interdisciplinares dificultam a compreensão dos fenômenos biológicos e físicos.	1	2	3	4	5
2 – A compreensão das Ciências da Natureza por meio de atividades práticas interdisciplinares						
2.1	Aulas práticas facilitam a compreensão de conteúdos teóricos vistos em sala de aula.	1	2	3	4	5
2.2	Aulas práticas que interligam a Biologia e a Física ajudam a entender melhor o processo biológico.	1	2	3	4	5
2.3	Aulas práticas que interligam a Biologia e a Física ajudam a entender melhor o fenômeno físico.	1	2	3	4	5
2.4	Conteúdos trabalhados de forma interdisciplinar facilitam a identificação dos fenômenos físicos no dia a dia.	1	2	3	4	5

3 – O interesse pela Física e Biologia por meio de atividades práticas interdisciplinares						
3.1	As atividades práticas interdisciplinares realizadas despertam mais o interesse pela Física que aulas teóricas tradicionais.	1	2	3	4	5
3.2	As atividades práticas interdisciplinares realizadas despertam mais o interesse pela Biologia que aulas tradicionais.	1	2	3	4	5
3.3	Pessoas que não gostam de Física podem despertar o interesse por essa disciplina quando associa seu conteúdo ao funcionamento biológico de um corpo.	1	2	3	4	5
4 – <i>Feedback</i> dos alunos quanto às atividades interdisciplinares						
4.1	Para você as atividades interdisciplinares auxiliaram na compreensão da Física e da Biologia? Por quê?					
4.2	O que vocês acharam das atividades propostas?					

ANEXO A – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa: *Uma proposta interdisciplinar para o estudo de Física e Biologia utilizando a Microscopia Ótica.*

Este estudo tem por objetivo mostrar a relação de duas disciplinas pertencentes à grande área Ciências da Natureza, sendo estas Biologia e Física, através da utilização de microscopia ótica, abordando conteúdos sobre ordens de grandeza e ótica. Desta forma, esta pesquisa proporcionará benefícios à população docente do IFMG-OP e também a docentes de outras instituições de ensino que tenham interesse em abordar os conteúdos de suas aulas de maneira interdisciplinar e contextualizada pois será produzido um material didático de Biofísica. Os discentes participantes deste estudo serão beneficiados uma vez que terão uma sequência didática que abordará um conteúdo de forma interdisciplinar inclusive com atividades práticas visando potencializar o seu aprendizado. O restante da população discente do IFMG também será beneficiado pela possibilidade, a partir deste estudo, de terem aulas que evidenciem a interrelação existente entre duas disciplinas aparentemente não relacionadas. Isso proporcionará, com grande possibilidade, um melhor aprendizado em ambas as disciplinas uma vez que os conteúdos não estarão desconexos do cotidiano do estudante.

Para verificar a efetividade deste trabalho você receberá dois questionários, um destes para verificar seu conhecimento antes e após a sequência didática; o segundo para verificar sua percepção de interdisciplinaridade. Você receberá os questionários por via impressa e não será necessário se identificar ao respondê-los. Todas as informações obtidas através dos questionários serão sigilosas e mantidas em poder da pesquisadora principal e dos outros profissionais envolvidos com o projeto de pesquisa, sendo que você terá acesso a estas sempre que desejar.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento por suas informações. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e tem a liberdade de participar ou recusar-se. Você e seu responsável poderão retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento caso deseje. A sua participação é voluntária e caso se recuse a participar você não terá qualquer prejuízo. Os resultados serão publicados em eventos e revistas científicas e você não será identificado em nenhuma destas publicações. Os riscos e desconfortos decorrentes do preenchimento dos questionários se referem a um possível

constrangimento; contudo, não há perguntas de ordem pessoal nos questionários e além disso, você não irá se identificar. Ainda no intuito de minimizar qualquer possível constrangimento, você poderá responder os questionários em ambiente privado. Os questionários possuem um pequeno número de questões, a maioria objetivas; sendo assim, o tempo necessário para respondê-los é mínimo, de aproximadamente 10 minutos, não interferindo nas suas atividades escolares obrigatórias.

Os resultados deste estudo estarão à sua disposição quando este for encerrado. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados na Coordenadoria da Área de Ciências Biológicas do IFMG-OP com a pesquisadora responsável por 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma destas será arquivada pela pesquisadora responsável, e a outra será entregue a você.

A sua participação no estudo não acarretará custos e não será disponível nenhuma compensação financeira; em caso de danos decorrentes da pesquisa é garantido ao participante o direito de indenização.

Em caso de dúvidas você poderá entrar em contato com a professora orientadora (Januária – januaria.matos@ifmg.edu.br) no telefone 3559-2203 e no caso de dúvidas éticas com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Minas Gerais por email, cepe@ifmg.edu.br, ou no telefone (31) 2513-5249. Desde já agradecemos a sua participação. O Comitê de Ética é um órgão colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Se você estiver de acordo em participar e contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa, assine no espaço abaixo. Desde já agradecemos a sua participação.

Eu, _____, fui devidamente informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar outras informações, e eu/ou meu responsável poderemos alterar a decisão de participar caso desejarmos. Para qualquer informação adicional poderei entrar em contato com a professora orientadora (Januária) no telefone (3559-2203). Em caso de dúvidas sobre aspectos éticos referentes a esta pesquisa, você poderá contactar o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) no telefone (31) 2513-5249 ou pelo email, cepe@ifmg.edu.br.

Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Ouro Preto, ____ de _____ de 202__.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do pesquisador

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa: *Uma proposta interdisciplinar para o estudo de Física e Biologia utilizando a Microscopia Ótica*, que tem como objetivo mostrar a relação de duas disciplinas pertencentes à grande área Ciências da Natureza, sendo estas Biologia e Física, através da utilização de microscopia ótica, abordando conteúdos sobre ordens de grandeza e ótica. A coleta de dados ocorrerá através do preenchimento de dois questionários, um destes para verificar o conhecimento científico do seu filho(a) sobre o assunto antes e após a sequência didática; o segundo para verificar sua percepção de interdisciplinaridade. O participante da pesquisa receberá os questionários por via impressa e não será necessário se identificar ao respondê-lo.

Ainda sobre os questionários, não será obrigatória nenhuma das perguntas, garantindo o direito de não responder qualquer questão, sem necessidade de explicação ou justificativa para tal. Não haverá nenhum custo direto ou indireto a você. Todas as informações obtidas através dos questionários serão sigilosas e mantidas em poder da pesquisadora principal e dos outros profissionais envolvidos com o projeto de pesquisa, sendo que você/seu filho(a) terão acesso a estas sempre que desejar. Os questionários possuem um pequeno número de questões, a maioria objetivas; sendo assim, o tempo necessário para respondê-los é mínimo, de aproximadamente 10 minutos, não interferindo nas atividades escolares obrigatórias dos participantes.

Os riscos e desconfortos decorrentes do preenchimento dos questionários se referem a um possível constrangimento; contudo, não há perguntas de ordem pessoal nos questionários. Ainda no intuito de minimizar qualquer possível constrangimento, seu filho(a) poderá responder o questionário em ambiente privado.

Esta pesquisa proporcionará benefícios aos alunos e professores do IFMG-OP e também a docentes de outras instituições de ensino que tenham interesse em abordar os conteúdos de suas aulas de maneira interdisciplinar e contextualizada pois será produzido um material didático sobre os conteúdos da Física abordados na utilização de um microscópio ótico e sua importância para a Biologia, que torne clara a inter-relação destas disciplinas Biofísica da Óptica. Os alunos participantes deste estudo serão beneficiados uma vez que terão uma sequência didática que abordará um conteúdo de forma interdisciplinar inclusive com atividades práticas visando potencializar o seu aprendizado. O restante da população discente do IFMG também será beneficiado pela possibilidade, a partir deste estudo, de terem aulas que

evidenciem a interrelação existente entre duas disciplinas aparentemente não relacionadas. Isso proporcionará, com grande possibilidade, um melhor aprendizado em ambas as disciplinas uma vez que os conteúdos não estarão desconexos do cotidiano do aluno.

Você/seu filho(a) será esclarecido(a) sobre quaisquer aspectos da pesquisa que desejarem. Você/seu filho(a) é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer prejuízo ou perda de benefícios. Seu filho(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação resultante deste estudo. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa serão usados apenas para os objetivos propostos podendo ser apresentados em eventos científicos, sempre preservando a identidade dos participantes. Tais dados ficarão arquivados na Coordenadoria da Área de Ciências Biológicas do IFMG-OP em computador protegido por senha, com a pesquisadora responsável por 5 anos, e após esse tempo serão destruídos.

A participação no estudo não acarretará custos e não será disponível nenhuma compensação financeira; em caso de danos decorrentes da pesquisa é garantido ao participante o direito de indenização. Desde já agradecemos a sua participação.

Em caso de dúvidas você poderá entrar em contato com a professora orientadora (Januária – januaria.matos@ifmg.edu.br) no telefone 3559-2203 e no caso de dúvidas éticas com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Minas Gerais, por email, cepe@ifmg.edu.br, ou no telefone (31) 2513-5249. Desde já agradecemos a sua participação. O Comitê de Ética é um órgão colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE:

Eu, _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que poderei solicitar novas informações e mudar minha decisão de participar se assim o desejar a qualquer momento. Em caso de dúvidas poderei entrar em contato com a professora orientadora (Januária) no telefone 3559-2203. Em caso de dúvidas sobre aspectos éticos referentes a esta

pesquisa, você poderá contactar o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) no telefone (31) 2513-5249.

Ouro Preto, ____ de _____ de 202__.

Assinatura do(a) participante

Assinatura do pesquisador