

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**A FÍSICA EM UMA APROXIMAÇÃO INTERDISCIPLINAR
CONTRIBUINDO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
CIÊNCIAS**

NATHALIA MARIZ DO AMARAL

Rio de Janeiro

Junho, 2021



A FÍSICA EM UMA APROXIMAÇÃO INTERDISCIPLINAR CONTRIBUINDO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

NATHALIA MARIZ DO AMARAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UNIRIO no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. José Abdalla Helayel-Neto (CBPF)

Coorientador:

Prof. Dr. Demison Correia Motta (UNIRIO)

Rio de Janeiro

Junho, 2021



UNIRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PROFIS-UNIRIO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nathalia Mariz do Amaral

Título: A física em uma aproximação interdisciplinar contribuindo para a formação de professores de ciências

Aprovado(a) pela Banca Examinadora

Rio de Janeiro, 18 de Junho de 2021.

Prof. Dr. José Abdalla Helayël-Neto
(orientador)

Prof. Dr. Demison Correia Motta
(coorientador)

Profa. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo
(avaliador externo)

Prof. Dr. Jaime Fernando Villas da Rocha
(avaliador interno)

Prof. Dr. Vitorvani Soares
(avaliador externo)

Prof. Dr. Eduardo Lima Rodrigues
(avaliador interno)

Catálogo informatizado
pelo(a) autor(a)

A485 Amaral, Nathalia Mariz

A Física em uma Aproximação Interdisciplinar Contribuindo para a Formação de Professores de Ciências / Nathalia Mariz do Amaral -- Riode Janeiro, 2021.

123

Orientador: José Abdalla Helayel-Neto Helayel-Neto.

1. Interdisciplinaridade. 2. Ensino de Física.
3. Professores de Ciências. I. Helayel-Neto, José Abdalla Helayel-Neto, orient. II. Motta, Demison

“Homens fortes criam tempos fáceis e tempos fáceis geram homens fracos, mas homens fracos criam tempos difíceis e tempos difíceis geram homens fortes.”

Autor desconhecido

Dedico esta dissertação aos meus Pais, minhas irmãs e meus sobrinhos, Isabela, Gabriel e Luiza, que são a razão para que eu siga realizando meus sonhos.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar, proteger, permitir que eu evolua e realize este sonho.

Aos meus pais, Conceição e Oswaldo, que sempre me incentivaram a estudar e me mostraram que por mais que seja árduo, por mais que eles não tenham tido possibilidade de fazer graduação, esse era o melhor caminho. Eles que têm orgulho de eu ser professora e da minha relação com meus alunos. Sempre me disseram para seguir meus sonhos e objetivos e sempre me apoiaram e desejaram o melhor para minha vida.

Às minhas irmãs, Fernanda e Michele, por estarem sempre do meu lado, me dando forças e por colocarem em minha vida meus sobrinhos: Isabela, Gabriel e Luiza que logo, logo estará aqui. Amo essas crianças incondicionalmente.

Aos meus padrinhos, Paulo César e Kátia, por estarem sempre dispostos a me ajudar, principalmente quando se trata dos meus estudos, aprendizados e crescimento profissional. Muitos objetivos não teriam sido realizados sem a ajuda deles.

Ao meu orientador José Abdalla Helayel-Neto, por ter aceitado esse desafio junto comigo e por realizar um desejo antigo meu de ter um trabalho feito em parceria com ele. Um ser humano simples e incrível que cativa a todos e que tive a honra de 'conviver' durante esse tempo de dissertação (em meio à pandemia ficou complicado conviver de verdade, mas não diminui o aprendizado que tive com ele ao longo do tempo)

Ao meu amigo querido Jaime Fernando, que acompanha minha trajetória desde 2006 e com sua ética impecável me apoiou e sempre se mostrou disposto a me ajudar quando eu precisasse.

Aos meus amigos e colegas do Mestrado, Alyne, Artur, Welf, Álvaro, Evandro, Eduardo, Felipe e Carolina, que passaram pelas dificuldades junto comigo e amenizavam alguns sofrimentos com risadas, cervejas, e brincadeiras, mesmo que em horas indevidas. Os desentendimentos também fizeram parte porque não há relacionamento perfeito, mas o respeito sempre foi essencial para nossa convivência.

Aos professores do programa de MNPEF da Unirio pelas aulas, trocas de experiências, pelas sextas e sábados que estivemos juntos em prol da educação e do ensino.

Aos alunos das turmas de Física para o Ensino de Ciências, e Complementos de Física e Física Aplicada da Unirio de 2019 pela participação nas atividades que nos auxiliaram na construção e no feedback do produto educacional.

Aos meus amigos e parentes que me incentivaram a seguir, que torceram por mim, que compreenderam situações difíceis e muitas vezes na minha ausência.

Aos meus alunos que me incentivaram mesmo que indiretamente a ser uma professora melhor, a sempre estudar e a me deixar mostrar um pouco de como é a realidade que infelizmente eles enfrentarão, com pouco incentivo à cultura, ao ensino, ao aprendizado e ao futuro deles.

E por último, mas não menos importante, ao meu amigo, professor e coorientador Demison Correia Motta, por me incentivar mesmo quando eu queria desistir devido à pandemia em que estamos vivendo, por aturar meus choros, minhas reclamações, minhas aflições, minhas crises de ansiedade, de raiva, de desespero. Principalmente por acreditar em mim e no projeto de dissertação, aceitando esse desafio juntamente com o professor Helayel.

Muito obrigada!!!

RESUMO

A FÍSICA EM UMA APROXIMAÇÃO INTERDISCIPLINAR CONTRIBUINDO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Nathalia Mariz do Amaral

Orientador:

José Abdalla Helayel-Neto

Coorientador:

Demison Correia Motta

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física da UNIRIO (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Propomos nesta dissertação a construção de um site como produto educacional contendo conceitos de Física, com uma linguagem simples e direcionada principalmente aos professores de Ciências em formação. Estes profissionais serão os responsáveis pelos primeiros contatos dos alunos do Ensino Fundamental II com a Física. O produto é um *site* e contém aproximações interdisciplinares entre a Física e a Biologia com exemplos do cotidiano para facilitar o aprendizado. Para esta dissertação, foram realizadas pesquisas de campo com alunos dos cursos de graduação de Ciências Biológicas, Ambientais e da Natureza, todos pertencentes à Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, que contribuíram para a estrutura do *site*. A aplicação do produto educacional ocorreu dentro do esperado e a análise dos resultados demonstrou a sua eficácia.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Ensino de Física, professores de Ciências

Abstract

PHYSICS IN AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

CONTRIBUTING TO THE TRAINING OF SCIENCE TEACHERS

Nathalia Mariz do Amaral

Advisor:

José Abdalla Helayël-Neto

Co-advisor:

Demison Correia Motta

Master's thesis submitted to the Postgraduate Program in Physics Teaching in the National Professional Master's Course at UNIRIO, as part of the requirements for obtaining a master's degree in Physics Education.

We propose in this dissertation the creation of a website as an educational product containing information about Physics, with a simple language and directed mainly to Science teachers in training. These professionals will be responsible for the first contacts of Middle School students with Physics. The website contains interdisciplinary approaches between Physics and Biology with examples from daily life to facilitate learning. For this dissertation we did field research with students from Biological, Environmental and Nature science courses, in the Federal University of the State of Rio de Janeiro. The application of the educational product occurred as expected and the analysis of the results demonstrated its effectiveness.

KEY WORDS: Interdisciplinarity, Physics teaching, Science teachers.

Sumário

Sumário.....	i
INTRODUÇÃO.....	iii
CAPÍTULO 1.....	1
FÍSICA E BIOLOGIA: APROXIMANDO FRONTEIRAS.....	1
Introdução.....	1
1.1 – Fenômenos ondulatórios.....	1
1.2.1 – Fluido ideal.....	6
1.2.2 – Fluido real.....	11
1.3 – Fenômenos elétricos em células.....	16
1.3.1 – Capacitor.....	16
1.3.2 – Física de membranas.....	19
1.3.3 – Aplicações biológicas.....	25
CAPÍTULO 2.....	26
O ENSINO DE FÍSICA NO SISTEMA EDUCACIONAL BRASILEIRO.....	26
Introdução.....	26
2.1 – A Física e o Ensino Fundamental II: normas gerais.....	27
2.2 – A crítica.....	30
2.3 – A proposta.....	34
CAPÍTULO 3.....	36
REFERENCIAL TEÓRICO.....	36
Introdução.....	36
3.1 – A interdisciplinaridade em linhas gerais.....	38
3.2 – Normas gerais para a formação de professores de Ciências.....	39
3.3 – O estado da arte.....	43
CAPÍTULO 4.....	46
A METODOLOGIA.....	46
Introdução.....	46
4.1 – A pesquisa de campo.....	46
4.2 – O produto educacional a partir da pesquisa de campo.....	49
CAPÍTULO 5.....	59
O PRODUTO EDUCACIONAL: O SITE.....	59
Introdução.....	59
5.1 – A escolha dos temas.....	59

5.2 – Estrutura do site.....	62
5.3 – Pré-Teste e os Ajustes Finais.....	70
5.4 – O Instrumento de Avaliação.....	72
5.5 – A aplicação do produto.....	73
CAPÍTULO 6	76
RESULTADOS: ANÁLISE E DISCUSSÃO	76
Introdução.....	76
6.1 – Apresentação dos resultados	76
6.2 – Análises finais	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
APÊNDICE A.....	99
APÊNDICE B.....	103
REFERÊNCIAS:	105

INTRODUÇÃO

Antes que sejam apresentados os procedimentos adotados durante as fases de elaboração desse trabalho, considero relevante destacar alguns elementos que contribuíram para a concepção final do produto educacional desenvolvido.

O projeto inicial tinha como foco os alunos do Ensino Fundamental. Nossa intenção era de que eles tivessem o seu primeiro contato com a Física marcado por uma abordagem estimulante e agradável, com a utilização de exemplos do cotidiano e de algumas relações existentes entre a Física e a Biologia. O objetivo era incentivar os alunos em seus anos iniciais de formação, a preservar seu interesse e aguçar sua curiosidade com o emprego de estratégias lúdicas e apoiadas numa perspectiva interdisciplinar.

A escolha da Física e da Biologia se sustentava nas evidências de que, ao se analisar ocorrências do cotidiano, dificilmente é possível tratar isoladamente todos os fatores que regem os fenômenos naturais. Nesse sentido, uma postura reducionista não nos parecia ser o melhor procedimento para explicar determinados comportamentos dos seres vivos ou eventos no meio ambiente.

Com isso em mente, realizamos uma pesquisa de campo de caráter exploratório, com o intuito de levantar dados que nos orientassem durante os processos de construção do produto. Mas após nos debruçarmos sobre os dados obtidos, verificamos que seria necessária a alteração da nossa proposta inicial. Consideramos que se o nosso público alvo se mantivesse – alunos do ensino fundamental –, estaríamos restringindo a utilização do produto a um pequeno grupo de estudantes. Passamos, então, a considerar novas possibilidades, de forma que um número maior de alunos fosse atingido ao longo dos anos. Foi quando pensamos nos professores de Ciências. Afinal, estes são os responsáveis pela formação de inúmeros alunos e de seus contatos iniciais com a Ciência. Esses profissionais passam décadas de suas vidas trabalhando diretamente com um grande número de alunos. Portanto, os

professores de Ciências, em exercício e em formação, passaram a ser o público alvo ideal do nosso trabalho.

Após essa mudança de rumo, precisávamos saber qual a relação desses professores com a Física. Levamos em consideração duas vertentes: a primeira associada aos professores que já se encontram em sala de aula; e a segunda associada aos futuros professores de Ciências que ainda se encontram cursando a graduação.

Em ambos os casos, nossos objetivos iniciais convergiam para a seguinte pergunta: Será que esses professores – em exercício ou em formação – possuem as condições necessárias e satisfatórias para desempenhar o papel de apresentar os conceitos iniciais de Física para os alunos do Ensino Fundamental?

Para responder essa pergunta, entrevistamos professores em exercício e em formação. Verificamos que, em geral, os entrevistados se sentiam inseguros quando lidavam com temas de Física e apontaram que aproximações interdisciplinares com a Biologia poderiam ser uma estratégia promissora para atenuar essas dificuldades. Porém, tínhamos claro que, ainda que essas possibilidades de aproximação sejam muitas vezes evidentes, por motivos diversos, as conexões entre esses campos nem sempre são devidamente identificadas e exploradas. É no sentido de contribuir para construir pontes entre esses campos, que decidimos refletir sobre alguns elementos do que se entende por interdisciplinaridade.

Diante do que foi exposto, estabelecemos alguns critérios que nos permitiram formular um esboço do produto educacional que aqui será apresentado. Seu foco deveria recair nas possibilidades de aproximação entre Física e Biologia, no contexto da formação inicial de professores de Ciências.

Levando em conta que agora tínhamos um novo público alvo e novos desafios, outra questão se colocou de imediato: o que fazer para auxiliar os professores em formação e como alcançar um número grande desses professores?

Considerando que, conforme os relatos anteriormente coletados, os professores tinham insegurança ao ensinar Física, pesquisamos qual seria o conteúdo ensinado nas graduações dos cursos de licenciatura em Ciências nas universidades públicas do Rio de Janeiro. Além disso, resolvemos fazer um material de apoio complementar para esses professores. Um material de fácil acesso, gratuito, com uma linguagem simples e com aproximações interdisciplinares entre a Física e a Biologia. Dessa forma eles poderiam se sentir mais à vontade em explorar determinados conteúdos.

A estrutura do nosso produto começava a ser construída.

Com a primeira parte do desafio concluída, tínhamos uma segunda questão para nos preocuparmos: qual seria a melhor forma de escrever e de divulgar esses conteúdos?

Um site nos pareceu uma boa escolha, pois isso permitiria que pessoas de diversas localidades pudessem acessar os conteúdos explorados.

Em relação aos sujeitos participantes, os alunos dos cursos de Ciências Ambientais, Ciências Biológicas e Ciências da Natureza da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio) foram os escolhidos para testarem a eficácia do site e nos darem o feedback necessário para a conclusão de nossa pesquisa.

No entanto, antes de realizarmos o teste final do site com alunos de duas turmas escolhidas, foi realizado um pré-teste com uma terceira turma. Afinal, não podíamos correr o risco de aplicar o produto, publicar nosso site e ter cometido algum equívoco ou omissão que prejudicasse o resultado da pesquisa.

Após o pré-teste, foram feitas pequenas alterações no produto e finalmente testamos o site com duas turmas de Licenciatura e Bacharelado dos cursos de Ciências da Unirio.

Demonstramos através de planilhas e gráficos o feedback obtido com a aplicação do produto educacional. Fizemos comparações de respostas antes e

após disponibilizarmos o conteúdo do site para os alunos e analisamos se houve melhora ou não em suas respostas.

Esses resultados serão apresentados nesse trabalho, que se encontra estruturado da seguinte forma: No capítulo 1, está apresentada uma revisão teórica de conceitos de Física e são estudadas algumas aproximações interdisciplinares; desenvolvemos no capítulo 2, algumas reflexões a respeito da estrutura educacional brasileira, adotando uma perspectiva crítica em relação a esse sistema; em seguida, no capítulo 3, apresentamos o Referencial Teórico e destacamos a importância de aproximações interdisciplinares. A metodologia utilizada na elaboração do produto educacional é apresentada no capítulo 4, enquanto que o detalhamento do produto educacional, assim como da sua aplicação, é descrito no capítulo 5. Para finalizar, no capítulo 6 analisamos os resultados obtidos.

CAPÍTULO 1

FÍSICA E BIOLOGIA: APROXIMANDO FRONTEIRAS

Introdução

O ensino de Física nas universidades brasileiras se caracteriza por sua especialização e afastamento de outros campos do conhecimento. Não é comum, por exemplo, que em aulas de Física no Ensino Superior temas de Biologia sejam abordados. Nesse capítulo introdutório, romperemos essa lógica. Aqui, serão abordados conceitos de Física de três diferentes áreas: Óptica, Hidrodinâmica e Eletrodinâmica. O objetivo é destacar algumas possibilidades de aplicação de conceitos físicos no campo das ciências Biológicas a partir de uma perspectiva interdisciplinar.

Em Óptica trataremos dos conceitos associados aos experimentos da decomposição da luz por Newton e como aplicação biológica, discutiremos os processos que possibilitam que o camaleão mude a cor de sua pele.

No ramo da Hidrodinâmica vamos tratar de conceitos relacionados ao escoamento estacionário, Equação de Bernoulli e lei de Hagen – Poiseuille, que são equações importantes quando tratamos da vazão do fluxo sanguíneo e de doenças causadas pela obstrução interna das artérias.

Em Eletrodinâmica estudaremos o funcionamento dos capacitores de placas paralelas, de modo que seja possível relacioná-los com o funcionamento das membranas celulares. Como aplicação biológica, será examinada a diferença de potencial presente em ovos e no funcionamento de anestésicos e analgésicos no corpo humano.

1.1 – Fenômenos ondulatórios

i) Teoria das cores: a perspectiva newtoniana

Em 1672, Isaac Newton escreve um artigo no qual apresenta sua teoria a respeito da natureza da luz. Ao incidir luz branca sobre um prisma, ele

observa a formação de um espectro colorido. Antes de Newton, René Descartes, Robert Boyle, Francesco Maria Grimaldi e Robert Hooke já haviam discutido esse fenômeno.

Os experimentos apresentados por Newton foram criticados por diversos pesquisadores como Hooke e Huygens. Eles alegavam que apenas com a formação de espectro colorido através de um prisma, não seria possível concluir que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios com cores e refrangibilidades¹ diferentes (SILVA e MARTINS, 1996).

ii) O Experimento e sua análise

Em 1666, Newton polia vidros ópticos com formatos não esféricos. Entre esses formatos, ele constrói um prisma de vidro e, após escurecer seu quarto, faz um pequeno buraco na janela, de modo que a luz do Sol entrasse no ambiente e atravessasse o prisma. Ao analisar o experimento, Newton se surpreendeu ao perceber o formato alongado que as cores assumiam. Apesar de ser difícil determinar corretamente suas formas, o esperado por ele era que as formas fossem circulares. Sua compreensão era de que, caso todos os raios sofressem a mesma refração, o feixe emergente do prisma deveria ser cônico e tendo a mesma abertura que o cone subentendido pelo disco solar.

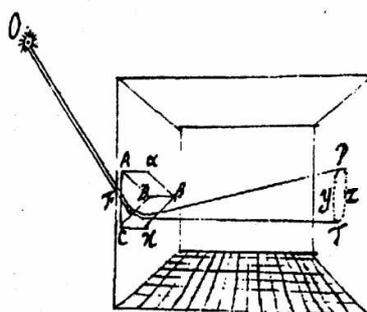


Figura 1.1 – Esquema de Newton para o primeiro experimento com prisma.

(Fonte: SILVA e MARTINS, 1996)

Após verificar que o comprimento do espectro de cores formado era cerca de cinco vezes maior do que sua largura, Newton alterou o experimento para tentar justificar essa desproporção. Mudou a espessura do vidro e colocou

¹ Newton usa o termo *refrangibilidade* para indicar a propriedade dos raios luminosos: os raios mais refrangíveis são os que são mais desviados na refração.

o prisma diretamente no Sol, sem a limitação do buraco da janela, mas não encontrou mudanças significativas que respondessem seu questionamento.

Depois de refletir a respeito de suas observações, Newton chegou ao denominado *Experimentum Crucis*.

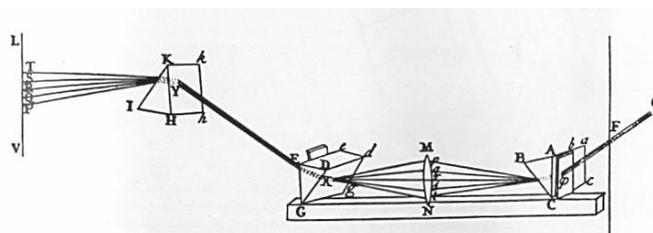


Figura 1.2 – Esquema de Newton em um das variantes do *Experimentum Crucis*.

(Fonte: https://www.princeton.edu/~his291/Experimentum_Crucis.html)

Nesse experimento (Figura 1.2), a luz proveniente do Sol (ponto O) entra no ambiente através de um orifício na janela (F) e passa pelo prisma de vidro (ABC). O espectro formado é, então, focado por uma lente convexa (MN) e um espectro mais fino e com cores bem definidas é produzido. A luz passa então por um segundo prisma (DEG) que reconstitui o espectro num feixe de luz branca (Y) que atravessa um terceiro prisma (HIK) e é novamente decomposto e projetado em uma tela branca (LV).

Através desse experimento, Newton conclui que: “a luz consiste em raios diferentemente refrangíveis”. Sem qualquer diferença em sua incidência, esses raios tiveram cada um seu grau de refrangibilidade e por este motivo foram desviados com angulações diferentes.

Segundo Silva e Martins (1996), a partir desse fenômeno, Newton fez observações tais como:

“- Como os raios de luz diferem em graus de refrangibilidade, eles também diferem em sua disposição para exibir uma cor particular;
- Os raios menos refrangíveis são todos dispostos a exibir uma cor vermelha. Da mesma forma, os raios mais refrangíveis são todos dispostos a exibir uma cor violeta. As cores intermediárias pertencem a graus intermediários de refrangibilidade;
- Há 2 tipos de cores: um original e simples, o outro composto dessas. As cores originais ou primárias são Vermelho, Amarelo, Verde, Azul e um Púrpura-Violeta, junto com Laranja, Índigo e uma variedade indefinida de gradações intermediárias;
- Mas a composição mais surpreendente e mais maravilhosa foi aquela da Brancura. Não há nenhum tipo de raio que sozinho possa exibi-la. Ela é sempre composta, e para sua composição são necessárias todas as Cores primárias citadas anteriormente misturadas numa proporção devida.”

Os comentários acima foram destacados pelo fato de mostrarem como Newton se certificou da composição e decomposição da luz branca, através da refração e difração com o emprego de prismas e lentes. Essa decomposição da luz branca está intimamente relacionada a uma aplicação biológica específica examinada aqui: a alteração da cor da pele de camaleões.

iii) Aplicação biológica: o camaleão

“Como o camaleão consegue mudar de cor?”

Essa pergunta, muitas vezes feitas por crianças ou até mesmo por professores durante suas aulas, possivelmente, teve sua resposta apresentada de forma incompleta ou até mesmo incorreta como veremos a seguir.

Ao se falar de camaleão, sabe-se que sua principal e mais diversificada característica é a de se camuflar em ambientes onde se sente ameaçado, como uma forma de defesa, ou durante a caça, para se manter imperceptível. Além disso, muitos camaleões mudam de cor rapidamente durante interações sociais como competições masculinas ou cortejo sexual.

Essa alteração de cor vem sendo estudada por inúmeros pesquisadores ao longo da história. Carlton, por exemplo, em trabalho publicado em 1903, já destacava a importância de células chamadas *cromatóforos*², que seriam as responsáveis pela alteração da cor da pele de determinada espécie de lagartos (CARLTON, 1903). Essa conclusão vem sendo invariavelmente confirmada ao longo do tempo (TAYLOR e HADLEY, 1970) e foi ampliada para outras espécies de lagartos, como os camaleões (STUART-FOX e MOUSSALLI, 2009).

As conclusões desses estudos parecem embasar textos, em especial de divulgação científica, como apresentado na revista *Super Interessante* de 18 de julho de 2011. Nessa edição (ABRIL, 2011) se encontra:

“O camaleão muda de cor quando se sente ameaçado por um predador ou quando está caçando. A alteração é regulada por hormônios produzidos pela hipófise, uma glândula na base do cérebro, e chegam às células da pele por meio da circulação sanguínea. As células que dão cor ao bicho são chamadas de cromatóforos. Cada

² Células capazes de produzir ou armazenar pigmentos.

cromatóforo tem pigmentos de uma cor diferente – um camaleão possui cromatóforos com pigmentos de várias cores.”

O texto acima, no entanto, está parcialmente correto, uma vez que, recentemente (TEYSSIER, SAENKO, MAREL e MILINKOVITCH, 2015), descobriu-se que outro mecanismo desempenha importante papel na alteração da cor da pele de camaleões: trata-se do funcionamento de células chamadas *iridóforos*. Essas células possuem estruturas refletoras – nanocristais – que funcionam como pequenos prismas. Os camaleões conseguem reorganizar essas células de maneira que elas refletem diferentes comprimentos de onda de luz.

De forma simplificada: suas células com pigmentos produzem as cores mais escuras e os nanocristais refletem a luz e deixam o camaleão com uma cor mais clara.

Segundo artigo publicado na *Nature*, em 2015, por um grupo de físicos e biólogos, essa mudança de cor é realizada através do ajuste de uma rede de nanocristais de guanina dentro de uma camada espessa superficial de iridóforos dérmicos (espécie de “grades” formadas dentro de determinadas células) que refletem ondas de luz com diferentes comprimentos (TEYSSIER, SAENKO, MAREL e MILINKOVITCH, 2015).

Na Figura 1.3, está representada a mudança de cor em dois machos (m1 e m2) durante a excitação.

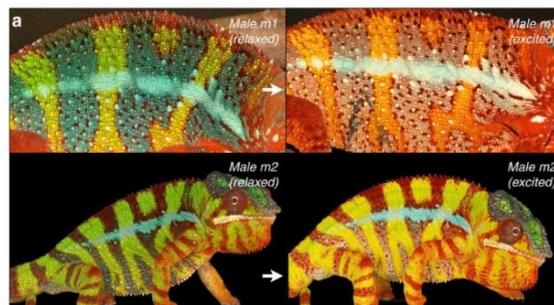


Figura 1.3 – Mudança de cor para dois machos (m1 e m2).

Fonte: (Teyssier et al, 2015)

A Natureza é pródiga em nos mostrar possibilidades de aproximação da Física com a Biologia e é admirável que a partir da percepção feita por Isaac

Newton em 1662, seja possível concluir que a conceituação física pura permita que aumentemos nossa compreensão a respeito do mundo que nos cerca.

1.2 – Hidrodinâmica e a lei de Hagen - Poiseuille

1.2.1 – Fluido ideal

Fluidos perfeitos ou ideais são aqueles cuja viscosidade é desprezível. Em outras palavras, podemos dizer que: não existem tensões tangenciais, ou seja, as forças superficiais continuam correspondendo a pressões, normais às superfícies sobre as quais atuam. A pressão em um ponto do fluido não depende da orientação do elemento de superfície sobre o qual atua.

Mostraremos previamente os conceitos necessários para uma melhor compreensão do escoamento estacionário de um fluido ideal incompressível, com o objetivo de encontrarmos a lei de Poiseuille.

i) Tubo de corrente e escoamento estacionário

A associação de um vetor a cada ponto do fluido define nele um *campo vetorial*, denominado **campo de velocidades** do fluido.

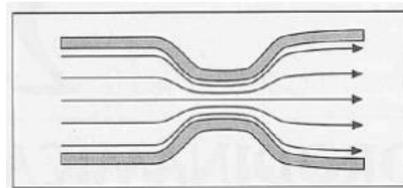


Figura 1.4 – As Linhas de Corrente são as *linhas de força* do campo velocidade. A magnitude da velocidade do fluido aumenta no centro.

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 18)

A superfície formada em um dado instante por todas as linhas de corrente que passam pelos pontos de uma dada curva *C* fechada no fluido chama-se *Tubo de Corrente*, conforme a Figura 1.5.

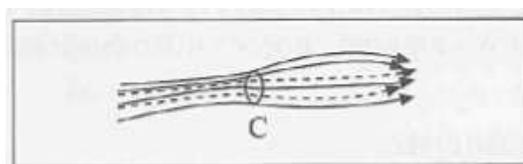


Figura 1.5 – Tubo de Corrente.

Quando diferentes partículas do fluido passam pelo mesmo ponto com a mesma velocidade \mathbf{v} – embora \mathbf{v} possa variar de ponto a ponto – e as linhas de corrente não se cruzam, temos um **escoamento estacionário**

$$v = v(r)$$

Em um escoamento não estacionário, as linhas de corrente variam a cada instante. Para a finalidade do nosso trabalho, trataremos apenas do escoamento estacionário.

ii) Equação da continuidade – Conservação da massa

Para determinarmos a equação da continuidade de um fluido, precisamos, a princípio, utilizar a lei de conservação de massa aplicada ao movimento do fluido em um tubo de corrente.

Para determinar a massa Δm de fluido que atravessa uma seção transversal de área A , num intervalo de tempo infinitesimal Δt , consideremos um tubo de corrente desse fluido, de acordo com a Figura 1.6.

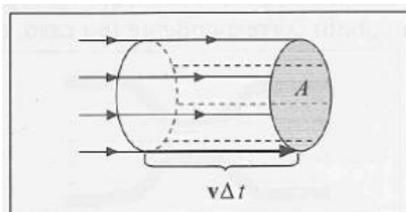


Figura 1.6 – Massa do fluido que atravessa a seção A com velocidade do fluido em um instante Δt .

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 18)

Primeiramente, utilizaremos o conceito de densidade do fluido.

$$\rho = \frac{\Delta m}{V} \quad (1.2.1)$$

Pela Figura 1.6, podemos observar que o volume do cilindro é dado pela relação

$$V = Av\Delta t \quad (1.2.2)$$

Substituindo (1.2.2) em (1.2.1) e isolando Δm , temos

$$\Delta m = \rho A v \Delta t \quad (1.2.3)$$

No escoamento estacionário, a massa do fluido que se desloca não varia com o tempo. Conforme podemos ver na Figura 1.7, ocorre uma aproximação nas linhas de corrente de acordo com o fluxo de massa caso a área transversal do tubo diminua.

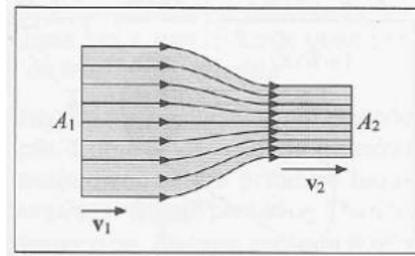


Figura 1.7 – Fluxo de massa de um fluido.

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 19)

Sendo a massa do fluido considerada constante durante o processo, escrevemos

$$\Delta m_1 = \Delta m_2 \quad (1.2.4)$$

Substituindo (1.2.3) na igualdade de (1.2.4), temos

$$\rho A_1 v_1 \Delta t = \rho A_2 v_2 \Delta t \quad (1.2.5)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1.2.6)$$

O fluxo de massa por unidade de tempo através da seção transversal do tubo não varia, o que, de acordo com a equação (1.2.6), implica em que o produto Av permaneça constante ao longo do tubo de corrente.

Se um volume fixo V do fluido for limitado por uma superfície fechada S e \hat{n} for o vetor unitário da normal externa, conforme a Figura 1.8,

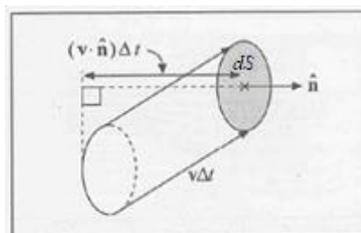


Figura 1.8 – Massa que atravessa dS e normal externa \hat{n} .

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 20. Adaptado pela autora.)

podemos reescrever a equação (1.2.3) da seguinte forma:

$$\Delta m = \rho \vec{v} \cdot \hat{n} \Delta t dS \quad (1.2.7)$$

onde $\rho \vec{v} \cdot \hat{n} dS$ é o fluxo de massa para fora do volume V por unidade de tempo, que passa através de dS no intervalo de tempo considerado. Se o fluxo estiver dirigido para dentro de V , temos

$$\vec{v} \cdot \hat{n} > 0 \quad . \quad (1.2.8)$$

A massa total do fluido contida dentro do volume V em um dado instante é

$$m = \int_V \rho dV \quad (1.2.9)$$

O fluxo de fluido resultante é dado pela expressão

$$\oint_S \rho \vec{v} \cdot \hat{n} dS \quad (1.2.10)$$

$$\oint_S \rho \vec{v} \cdot \hat{n} dS = - \frac{dm}{dt} = - \frac{d}{dt} \int_V \rho dV \quad (1.2.11)$$

onde a equação (1.2.11) expressa a Equação da Continuidade (lei da conservação de massa em um fluido).

iii) Equação de Bernoulli

A Figura 1.9 mostra um tubo estreito e delgado, chamado *filete de corrente*, no qual podemos desprezar a variação da pressão, velocidade e altitude sobre sua seção transversal.

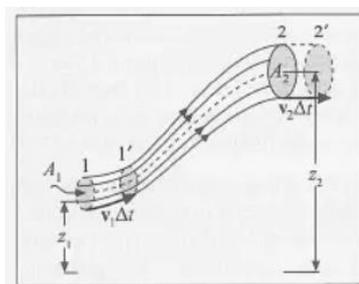


Figura 1.9 – Filete de corrente de um fluido ideal em um escoamento estacionário.

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 22)

O trabalho realizado pelas forças que atuam sobre o volume de fluido contido entre as superfícies A_1 e A_2 , conforme a Figura 1.9, é igual à variação de energia cinética correspondente ao transporte de massa de 1 e 1' e 2 e 2'. Matematicamente falando, temos

$$\Delta W = \frac{1}{2}\Delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2}\Delta m_1 v_1^2 \quad (1.2.20)$$

Uma observação que pode ser feita é que o fluido tem o mesmo sentido da força de pressão ao ir de 1 \rightarrow 1' e sentido contrário da força de pressão ao ir de 2 \rightarrow 2'. Isso nos permite escrever o trabalho realizado pelas forças que atuam sobre o volume de fluido como

$$\underbrace{(p_1 A_1)}_{F_1} \underbrace{(v_1 \Delta t)}_{\Delta S_1} - \underbrace{(p_2 A_2)}_{F_2} \underbrace{(v_2 \Delta t)}_{\Delta S_2} \quad (1.2.21)$$

Por outro lado, o trabalho realizado pelas forças gravitacionais, que é contrário à variação da energia potencial gravitacional ($W = -\Delta U$), é dado por

$$-g(\Delta m_2 z_2 - \Delta m_1 z_1) \quad (1.2.22)$$

Escrevendo o trabalho total como o somatório de (1.2.21) e (1.2.22) e igualando com a equação (1.2.20), encontramos

$$\frac{1}{2}\Delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2}\Delta m_1 v_1^2 = p_1(A_1 v_1 \Delta t) - p_2(A_2 v_2 \Delta t) - g(\Delta m_2 z_2 - \Delta m_1 z_1) \quad (1.2.23)$$

Lembrando que o produto $Av\Delta t$ é o volume do fluido e da relação de densidade volumétrica $\rho = \frac{\Delta m}{V}$, expressamos (1.2.23) como

$$\frac{1}{2}\Delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2}\Delta m_1 v_1^2 = p_1 \frac{\Delta m_1}{\rho} - p_2 \frac{\Delta m_2}{\rho} - g(\Delta m_2 z_2 - \Delta m_1 z_1) \quad (1.2.24)$$

Considerando $\Delta m_1 = \Delta m_2$

$$\frac{1}{2}v_2^2 + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} = \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} \quad (1.2.25)$$

A equação (1.2.25) expressa a conservação da energia por unidade de massa ao longo do filete. Na situação de um fluido compressível, existe a possibilidade adicional de variação da energia interna, esta armazenada sob forma de energia térmica.

Finalmente, multiplicando (1.2.25) por ρ em todos os termos, obtemos

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z + p = C \quad (1.2.26)$$

onde C é constante ao longo de um filete. A equação (1.2.26) é conhecida como *Equação de Bernoulli*.

1.2.2 – Fluido real

A equação da continuidade (1.2.11) e a equação de Bernoulli (1.2.26) são válidas apenas para fluidos ideais, uma vez que nos fluidos reais há dissipação de energia na forma de calor e ainda através de outras formas de energia.

Parte da energia dissipada se deve à existência de atrito entre as camadas do fluido que escoam. As forças de atrito que aparecem no deslizamento de camadas fluidas umas sobre outras e que dão origem a tensões tangenciais são denominadas *viscosidade* do fluido.

Um fluido real em contato com um sólido permanece em repouso na superfície de contato entre eles, conforme representado na Figura 1.10.

Quando o fluido se desloca em camadas planas paralelas ou lâminas que deslizam umas sobre as outras, temos o denominado *escoamento laminar*.

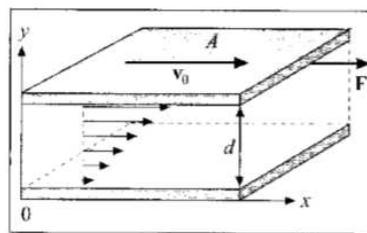


Figura 1.10 – Exemplo de escoamento viscoso.
(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 32)

Nesse caso, conforme a Figura 1.10, a velocidade varia linearmente entre os dois extremos no espaço entre as placas, ou seja,

$$v(y) = \frac{v_0}{d} y_i = v(y)i \quad (1.2.27)$$

onde y_i refere-se à coordenada y da i -ésima placa.

A lei de Newton da viscosidade mostra que há uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade ao longo da distância de separação entre as placas, conforme a Figura (1.10), sendo que essa relação pode ser expressa matematicamente como

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dy} \quad , \quad (1.2.28)$$

onde η é o coeficiente de viscosidade do fluido. Note-se que quanto mais espesso o líquido, maior o valor de η , embora esse valor geralmente diminua quando a temperatura aumenta.

i) A lei de Hagen – Poiseuille

Jean Poiseuille foi um médico fisiologista e físico francês. Estudioso do escoamento em microtubos com diâmetros inferiores a 0,2 mm, suas publicações apresentam discussões sobre o bombeamento do coração, o escoamento do sangue nas veias e vasos capilares e, ainda, a resistência ao seu movimento. Em virtude de seus estudos, obteve a equação que permite determinar o fluxo de um fluido real que escoar em tubos cilíndricos submetido a um regime laminar. De forma independente, *Gotthilf Hagen* encontrou a mesma expressão matemática. Por isso a relação ficou conhecida como *a equação de Hagen-Poiseuille*.

A equação de Hagen-Poiseuille descreve o fluxo de um fluido incompressível, de baixa viscosidade, submetido a um escoamento laminar que atravessa a seção reta do tubo no qual se encontra, conforme a Figura 1.11.

Por simplicidade, consideraremos a situação na qual ocorre um escoamento viscoso através de uma tubulação cilíndrica de seção circular e raio a .

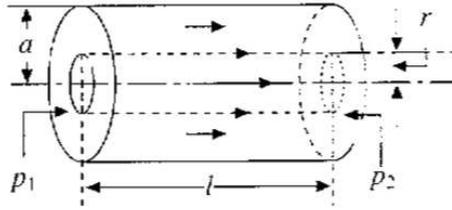


Figura 1.11 – Escoamento viscoso em um tubo cilíndrico.

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 33)

A velocidade do fluido é maior na parte central do tubo e vai decrescendo até chegar à zero nas paredes. Como vimos anteriormente, existe também uma diferença de pressão em relação à p_1 , pressão inicial, e p_2 , pressão final, nas respectivas extremidades do tubo.

Essa diferença de pressão implica no surgimento de uma força, $F = p \cdot A$, que atua sobre o cilindro de fluido de raio r e pode ser escrita como

$$F = (p_1 - p_2)\pi r^2 \quad (1.2.29)$$

Essa força gera, então, uma nova pressão sobre a área lateral do cilindro, $A = 2\pi r l$, e ela pode ser expressa por

$$\frac{(p_1 - p_2)\pi r^2}{2\pi r l} \quad (1.2.30)$$

ou seja

$$\frac{F}{A} = \frac{(p_1 - p_2)r}{2l} \quad (1.2.31)$$

A velocidade de escoamento a uma distância r do eixo só depende de r

$$v = v(r) \quad (1.2.32)$$

e temos $\frac{dv}{dr} < 0$.

Escrevendo a lei de Newton da viscosidade (veja equação 1.2.28)

$$\frac{F}{A} = -\eta \frac{dv}{dr} \quad (1.2.33)$$

onde o sinal negativo representa o decaimento da velocidade do centro até as paredes e igualando as equações (1.2.31) e (1.2.33), temos

$$(p_1 - p_2)\pi r^2 = -\eta \frac{dv}{dr}$$

$$\frac{dv}{dr} = -\frac{(p_1 - p_2)r}{2l\eta} \quad (1.2.34)$$

Integrando a equação (1.2.34) em relação a r , de um dado valor até a , e lembrando que a velocidade se anula nas paredes, ou seja, $v(a) = 0$, após alguma manipulação, obtemos

$$v(r) = \frac{(p_1 - p_2)}{2l\eta} \int_r^a r' dr' \quad (1.2.35)$$

e finalmente,

$$v(r) = \frac{(p_1 - p_2)}{4l\eta} (a^2 - r^2) \quad (1.2.36)$$

Em virtude da dependência com funcional de $v(r)$, o perfil das velocidades é parabólico, conforme representado na Figura a seguir

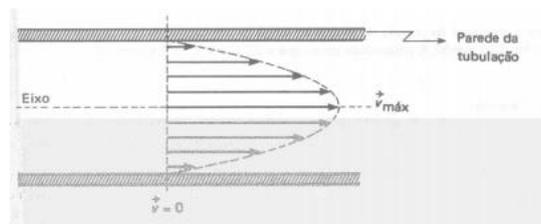


Figura 1.12 – Perfil parabólico da velocidade de um fluido.
(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 34)

Para o cálculo da vazão total, ou seja, o volume de fluido que escoar por unidade de tempo através da seção transversal do tubo, vamos primeiramente observar a Figura abaixo

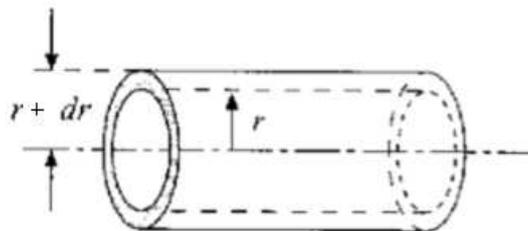


Figura 1.13 - Cálculo da vazão de um fluido.
(Fonte: NUSSENZVEIG, H. M., vol. 2, 2002, p. 34)

Na Figura 1.13, temos a área do anel circular $2\pi r dr$. Com isso, $d\phi$, que é a contribuição associada à porção de fluido compreendida entre dois cilindros de raios r e $r + dr$, pode ser escrita como

$$d\phi = v(r) 2\pi r dr \quad (1.2.37)$$

Substituindo a equação (1.2.36) em (1.2.37), temos

$$d\phi = \frac{\pi (p_1 - p_2)}{2l\eta} (a^2 - r^2) \cdot r dr \quad (1.2.38)$$

Integrando entre $r = 0$ e $r = a$

$$\int d\phi = \int_0^a \frac{\pi (p_1 - p_2)}{2l\eta} (a^2 - r^2) r dr \quad (1.2.39)$$

$$\phi = \frac{\pi a^4 (p_1 - p_2)}{8\eta l} \quad (1.2.40)$$

A equação (1.2.40) é conhecida como *Lei de Hagen-Poiseuille*. Através dela pode-se perceber que a vazão é proporcional à queda de pressão por unidade de comprimento, inversamente proporcional ao coeficiente de viscosidade e varia com a quarta potência do raio do tubo.

ii) Aplicações biológicas

As artérias carótidas são os principais vasos sanguíneos no pescoço, sendo responsáveis pelo fornecimento de sangue para o cérebro, pescoço e face. Existem duas carótidas, uma à direita e outra à esquerda.

Quando a estenose – estreitamento anormal de um vaso sanguíneo – ocorre no interior do vaso tornando-o estreito ou obstruído, isso reduz de forma relevante o fluxo de sangue em direção ao cérebro. Essa redução é dos fatores de risco para a ocorrência de acidentes vasculares cerebrais (AVC).

O grau de obstrução da carótida é classificado de acordo com o percentual de obstrução da parte interna da artéria, também chamado de *lúmen da artéria*, por onde passa efetivamente o fluxo sanguíneo.

<i>Grau de obstrução da carótida</i>	<i>Percentual de obstrução do lúmen arterial</i>
Leve	Menos de 50%
Moderado	Mais de 50% e menos de 70%
Grave	Mais e 70%

Tabela 1 – Grau de obstrução da carótida.

(Fonte: <https://www.mdsaude.com/neurologia/estenose-da-arteria-carotida/>)

A aterosclerose é uma doença degenerativa dos vasos sanguíneos, que resulta da formação de placas na parede das artérias. Essas placas são compostas por células necróticas, colesterol e cálcio e, além de reduzirem o lúmen das artérias, tornam essas paredes mais endurecidas.



Figura 1.14 – Doença aterosclerose da carótida.
(Fonte: <https://www.mdsaude.com/neurologia/estenose-da-arteria-carotida/>)

Como exemplo, vamos considerar que a obstrução do raio do vaso sanguíneo corresponde a 50%, ou seja, $r_f = \frac{r_o}{2}$, onde r_o e r_f são, respectivamente, os raios do vaso antes e após a ocorrência da obstrução.

Sendo assim, de acordo com a equação de Hagen-Poiseuille (1.2.40), a vazão inicial é dada por:

$$\phi_o = \frac{\pi \Delta p}{8\eta l} r_o^4 \quad (1.2.41)$$

Se fizermos $r_f = \frac{r_o}{2}$, encontramos:

$$\phi_f = \frac{\pi \Delta p}{8\eta l} \frac{r_o^4}{16} \quad (1.2.42)$$

$$\phi_f = \frac{\phi_o}{16} \quad (1.2.43)$$

Portanto, a redução do raio implica numa severa redução do fluxo sanguíneo por um fator 16. O indivíduo passa a sofrer de falta de circulação vascular e outras consequências mais graves para sua saúde.

1.3 – Fenômenos elétricos em células

1.3.1 – Capacitor

Em 1746, o físico holandês e professor da Universidade de Leiden, Pieter van Musschenbroek, tentava armazenar carga elétrica na água contida

num recipiente. No dispositivo, um cano metálico carregado estava em contato com um fio de cobre que, por sua vez, se encontrava mergulhado na água.

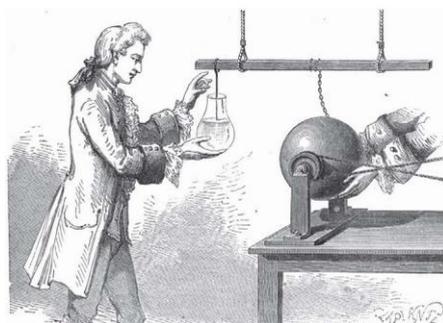


Figura 1.15 – Representação da primeira Garrafa de Leiden.
(Fonte: http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Static_Electricity/Leiden_Jar/Leiden_Jar.html)

Enquanto Pieter carregava o cilindro por atrito com o auxílio das correias, conforme a Figura 1.15, um estudante que segurava o recipiente esbarrou no cano e levou um violento choque. Posteriormente, repetiram a experiência e dessa vez Pieter esbarrou no cano metálico e também levou um choque. Assim foi descoberta a ‘Garrafa de Leiden’, dispositivo capaz de armazenar carga elétrica.

Esses dispositivos são chamados de capacitores e são formados por dois condutores isolados de formato arbitrário.

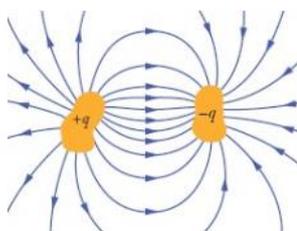


Figura 1.16 – Dois condutores isolados, formando um capacitor.
(Fonte: HALLIDAY e RESNICK, 2016)

As placas de um capacitor são carregadas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos e se comportam como superfícies equipotenciais. A região entre as placas é preenchida por um material dielétrico, o que possibilita que apresentem diferença de potencial de valor absoluto V . A carga q e a diferença de potencial V são proporcionais, nos permitindo escrever:

$$q = CV \quad , \quad (1.3.1)$$

onde C é a constante de proporcionalidade, chamada *capacitância*, que depende da geometria das placas e sua unidade é o *farad (F)*.

Nosso interesse aqui é utilizar o capacitor para fazermos algumas analogias com o funcionamento da célula, ou mais especificamente, da membrana celular. Nesse sentido, o capacitor que nos interessa é o *capacitor de placas paralelas* (OKUNO et al, 1982; SARTORI e LORETO, 2010; BORGES et al, 2015):

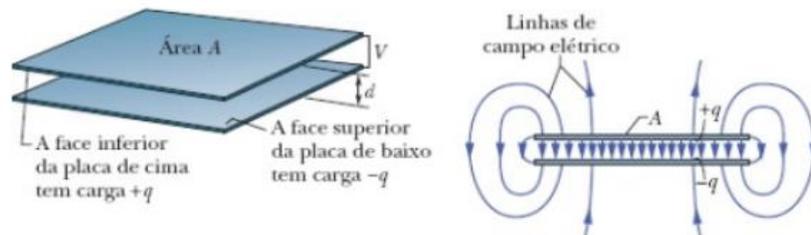


Figura 1.17 – Capacitor de placas paralelas. Na Figura à direita, através das linhas de campo, mostra-se que o campo elétrico é uniforme na região central entre as placas e disforme nas bordas das placas. (Fonte: HALLIDAY e RESNICK, 2016)

De acordo com a Figura 1.17, verificamos que o campo no centro das placas é uniforme, o que não ocorre em suas bordas. Assim, podemos desprezar os efeitos de borda quando a distância de separação, d , entre as placas for muito menor do que as dimensões das placas.

Para determinarmos a capacitância de um capacitor de placas paralelas, precisamos examinar a relação entre o campo elétrico e a diferença de potencial entre as placas.

O campo elétrico é determinado através da Lei de Gauss:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot \hat{n} dA = q \quad (1.3.2)$$

Sendo o campo elétrico constante e os vetores \vec{E} e \hat{n} paralelos, temos:

$$q = \epsilon_0 EA, \quad (1.3.3)$$

onde A é a área de parte da superfície gaussiana atravessada pelo fluxo do campo elétrico e ϵ_0 é a constante de permissividade elétrica do material entre as placas ($\epsilon_{ar} \approx \epsilon_{0(vácuo)} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$).

A equação (1.3.3) pode ser reescrita como:

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 A} \quad (1.3.4)$$

e uma vez que $\sigma = \frac{q}{A}$, obtemos a relação

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (1.3.5)$$

Entre as placas do capacitor há uma diferença de potencial relacionada ao campo elétrico:

$$V \equiv V_+ - V_- = - \int_+^- E \, dS = Ed \quad (1.3.6)$$

Logo, ao substituir a equação (1.3.5) na equação (1.3.6), temos:

$$V = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} = \frac{qd}{\epsilon_0 A} \quad (1.3.7)$$

A proporcionalidade entre V e a carga q da placa positiva vale para qualquer diferença de potencial entre as placas de um capacitor.

Através da equação (1.3.1), podemos escrever

$$C = \frac{q}{V}$$

Para C suficientemente grande, a relação acima mostra que um capacitor consegue armazenar uma carga q grande com um V pequeno.

Desprezando os efeitos das bordas e substituindo $q = CV$ na equação (1.3.7), temos

$$\boxed{C = \frac{\epsilon_0 A}{d}} \quad (1.3.8)$$

1.3.2 – Física de membranas

Com a intenção de obtermos a relação entre os capacitores e a membrana celular, é necessário entender a composição e o funcionamento de uma membrana celular.

A membrana celular permite que sejam mantidas as diferenças de potencial entre as soluções no interior e no exterior da célula. Isso ocorre pelo fato de existir um excesso de íons nos lados interno e externo da superfície

celular e uma diferença de concentração iônica entre os meios internos e externos da célula.

Essa diferença de concentração entre os fluidos internos e externos da célula permite que a mesma tenha uma diferença de potencial elétrico denominada de **potencial de membrana**.

O potencial elétrico no fluido extracelular é considerado nulo por convenção. Já o potencial dentro da membrana³ é considerado como sendo V . Esse potencial, na maioria das células, permanece inalterado quando não sofre influências externas. Nessa condição, o potencial em seu interior é chamado de *potencial de repouso* (V_0), tendo valor de -70 mV.

O gráfico abaixo ilustra o comportamento do potencial na região de interesse.

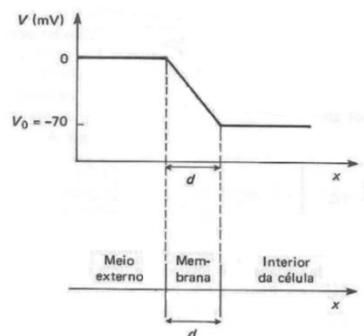


Figura 1.18 – Gráfico do potencial de repouso de uma célula.
(Fonte: OKUNO et al, 1982)

Como dentro e fora da célula o potencial é constante, temos que ΔV , nessas regiões, é nulo e, conseqüentemente, o campo elétrico também é nulo ($E = 0$).

Já o campo elétrico na membrana pode ser calculado facilmente a partir da relação:

$$E = - \frac{V_0}{d} \quad (1.3.9)$$

onde V_0 é o potencial de repouso e d é a espessura da membrana ($d = 80 \text{ \AA}$).

Temos então:

³ Para os Biólogos é denominado **potencial de membrana** o potencial no interior da célula. Em Física, o potencial na membrana – que funciona como um dielétrico – é denominado **potencial da membrana**, que varia ao longo desta, conforme a Figura 1.18.

$$E = \frac{-(-70 \text{ mV})}{80 \text{ \AA}} \quad (1.3.10)$$

$$E = \frac{70 \cdot 10^{-3} \text{ V}}{80 \cdot 10^{-10} \text{ m}} = 8,8 \cdot 10^6 \text{ N/C} \quad (1.3.11)$$

Os fluidos dentro e fora da célula são sempre neutros, ou seja, a concentração de ânions em qualquer local é sempre igual à concentração de cátions, não podendo haver acúmulo local de cargas elétricas nesses fluidos. Isso ocorre, pois as soluções salinas são muito diluídas e se decompõem em íons que se movem livremente em uma solução aquosa.

Analogamente, podemos imaginar a membrana celular atuando como um capacitor de placas paralelas, onde duas soluções condutoras estão separadas por uma delgada camada isolante, que é a própria membrana⁴.

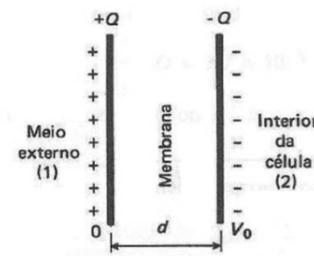


Figura 1.19 – Membrana celular vista como um capacitor de placas paralelas.
(Fonte: OKUNO et al, 1982)

As cargas elétricas +Q e -Q estão em torno da membrana celular, sendo que a superfície interna da membrana é coberta pelo excesso de ânions (-Q) e na superfície externa há o mesmo excesso de cátions (+Q).

Diante do exposto, fica claro que a membrana celular e o capacitor de placas paralelas guardam importantes semelhanças. Afinal, ambos possuem regiões carregadas que estão separadas por dielétricos, de modo que podem apresentar ddp . Porém, alguns ajustes são necessários. Por exemplo, a passagem de íons através da membrana ocorre através do fluxo de fluidos eletrolíticos, sendo que esses íons se encontram sob ação do campo elétrico na região da membrana. Portanto, no caso da membrana celular, é fundamental que pensemos em termos de densidades de corrente elétrica.

⁴ Note-se que a membrana tem consistência lipídica e, portanto, atua como um dielétrico capaz de manter a existência de diferença de potencial elétrico entre as paredes intra e extracelular.

Essas densidades de corrente têm dupla natureza, aquela que se encontra relacionada diretamente ao campo elétrico e a que envolve deslocamento de fluidos por difusão.

Nos metais, o campo elétrico pode ser relacionado com a densidade de corrente elétrica, J , e a resistividade elétrica, ρ , no meio. Essa relação pode ser expressa como

$$E = \rho J \quad (1.3.12)$$

Podemos escrever, então, a densidade de corrente devida ao campo elétrico:

$$J^E = \frac{1}{\rho} E \quad (1.3.13)$$

Em uma solução eletrolítica, a resistividade elétrica, ρ_i , é diferente para cada íon i e experimentalmente pode ser obtida a seguinte relação

$$\frac{1}{\rho_i} = \mu_i q_i^2 C_i \quad , \quad (1.3.14)$$

onde μ_i é a constante de mobilidade, q_i , é a carga elétrica e C_i é a concentração do número de íons por unidade de volume.

Substituindo a equação (1.3.14) na equação (1.3.13), temos

$$J_i = \mu_i q_i^2 C_i E \quad (1.3.15)$$

O movimento de agitação térmica dos íons a certa temperatura T (em Kelvin) está relacionado ao processo de difusão da solução. Se a concentração C_i não for uniforme, essa agitação dos íons fará a concentração se uniformizar com o passar do tempo.

Se para os íons i , o gradiente de concentração iônica, $\nabla C_i = \frac{\Delta C_i}{\Delta x}$ for uniforme na direção x , haverá uma densidade de corrente elétrica J_i^D , devida à difusão, que é proporcional a esse gradiente. A equação abaixo que mostra essa relação é conhecida como *Lei de Fick*:

$$J_i^D = -q_i D_i \frac{\Delta C_i}{\Delta x} \quad , \quad (1.3.16)$$

onde D_i é a constante de difusão para íons i e o sinal (-) indica que a densidade de corrente elétrica J_i está no sentido da diminuição da concentração C_i .

Se a concentração C_i não variar uniformemente com o sentido de x , a equação anterior deve ser substituída por

$$J_i^D = -q_i D_i \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta C_i}{\Delta x} \quad (1.3.17)$$

ou ainda

$$J_i^D = -q_i D_i \frac{dC_i}{dx} \quad (1.3.18)$$

Podemos ainda expressar a influência da temperatura T da solução na difusão iônica, relacionando μ_i e D_i :

$$\mu_i = \frac{D_i}{KT} \quad (1.3.19)$$

$$D_i = \mu_i KT \quad (1.3.20)$$

Ao substituir (1.3.20) em (1.3.18), obtemos a relação

$$J_i^D = -q_i \mu_i KT \cdot \frac{dC_i}{dx} \quad (1.3.21)$$

Em uma solução com concentrações iônicas não uniformes e na presença de um campo elétrico \vec{E} , a densidade de corrente para cada tipo de íon é:

$$J_i = J_i^D + J_i^E \quad (1.3.22)$$

onde J_i^D é a densidade de corrente devida à difusão iônica e J_i^E é a densidade de corrente induzida pelo campo elétrico \vec{E} .

Para uma razoável compreensão do potencial de uma célula, consideraremos apenas situações simétricas planas, nas quais J_i , C , E dependerão apenas de uma direção ($E = -\frac{dV}{dx}$).

A partir dessas considerações, chegamos à *Equação de Nernst-Planck*:

$$J_i = -q_i \mu_i \left(KT \frac{dC_i}{dx} + q_i C_i \frac{dV}{dx} \right) \quad (1.3.23)$$

As diferenças de concentrações iônicas devem estar, de alguma forma, ligadas à existência do potencial de repouso. Pelo fato da membrana celular não ser completamente impermeável, ela possibilita a passagem de certos íons. Isso implica diretamente na constante diferença de concentração iônica e no fato dessas concentrações não se igualarem por difusão.

A membrana é mais permeável para os íons K^+ e Cl^- , sendo que nas células nervosas a permeabilidade para os íons Cl^- é menor do que para os íons de K^+ . Além disso, também possibilitam, em menor escala, a passagem de íons como Na^+ . Para manter as diferenças de concentração, é necessário que haja uma diferença de potencial elétrico (correspondente a um campo elétrico).

Os íons K^+ tendem a sair da membrana para o meio externo, pois no interior da membrana sua concentração é maior. Entretanto, devido à existência do potencial de repouso V_0 , uma força elétrica no sentido oposto (do exterior para o interior da célula) atua na membrana sobre cada um desses íons.

Numa situação na qual a célula não está sujeita a estímulos externos, se encontrando, portanto, em equilíbrio, a densidade de corrente J_i se anula, ou seja,

$$J_i = 0 \quad (1.3.24)$$

Considerando (1.3.24), na Equação de Nernst-Planck (1.3.23), temos

$$0 = -q_i \mu_i \left(KT \frac{dc_i}{dx} + q_i C_i \frac{dV}{dx} \right) \quad (1.3.25)$$

$$KT \frac{dc_i}{dx} + q_i C_i \frac{dV}{dx} = 0 \quad (1.3.26)$$

Resolvendo a equação (1.3.26), temos

$$V_2 - V_1 = - \frac{KT}{q_i} \ln \frac{C_2}{C_1} \quad (1.3.27)$$

A equação (1.3.27) nos permite obter a relação entre a diferença de potencial elétrico e as concentrações iônicas nos meios interno e externo da célula. Porém, quando a célula se encontra sujeita a estímulos externos essa equação deixa de ser válida, pois nesses casos, há gasto de energia por parte

da célula, de modo que o transporte passa a ser classificado como “transporte ativo.”⁵

1.3.3 – Aplicações biológicas

O ovo é um alimento muito presente na alimentação da população. Dentre os elementos de sua composição, estão os sais minerais (ferro, fósforo, potássio, cálcio). A clara do ovo constitui uma barreira de proteção física, uma vez que a viscosidade encontrada na clara espessa dificulta a passagem de microorganismos para a gema (Kovacs-Nolan *et al.*, 2005).

Podemos, enfim, destacar que o conjunto clara-gema nos permite verificar a existência de diferença de potencial entre as regiões separadas pela membrana que envolve a gema. Na Figura 1.20, observamos a composição da gema e da clara do ovo. Diferença que implica diretamente em uma diferença de potencial conforme mostrado experimentalmente na Figura 1.21.

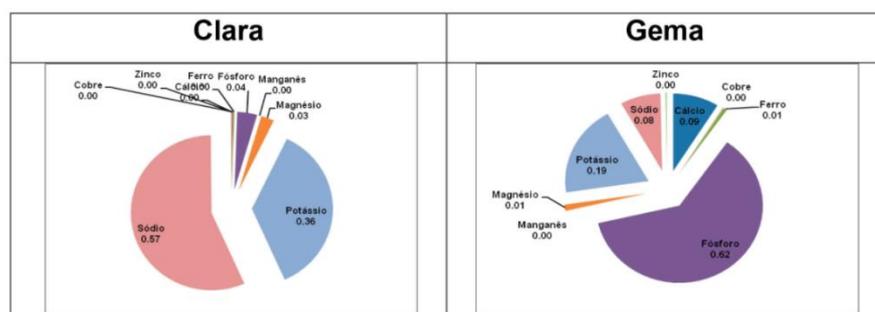


Figura 1.20– Minerais presentes em 100g de clara e gema de ovos.
(Fonte: https://vozdocampo_pt/2018/03/12/composicao-quimica-dos-ovos-de-galinhas-de-racas-autoctones/)



Figura 1.21– Diferença de Potencial entre a clara e a gema do ovo de galinha.
(FONTE: Elaborada pela autora.)

⁵ Em situações nas quais a célula se encontra fora do equilíbrio, a solução (1.3.27) deixa de ser válida. Ainda que não abordemos analiticamente tais situações, pois entendemos que ultrapassa o escopo desse trabalho, algumas referências podem ser acessadas para maior esclarecimento do tema, em particular: Okuno e Caldas (1982); Ferreira (2011); e Delatorre (2015), entre outros.

Outro exemplo biológico diz respeito ao uso de anestésicos e analgésicos, ou seja, drogas utilizadas para o induzirem o desaparecimento ou diminuição da dor. Estas drogas ligam-se de modo específico aos canais de sódio, inativando-os e impedindo que ocorram os processos de polarização e despolarização célula, o que dificulta, ou interrompe, a propagação do impulso nervoso, mantendo a célula em estado de repouso.

CAPÍTULO 2

O ENSINO DE FÍSICA NO SISTEMA EDUCACIONAL BRASILEIRO

Introdução

Nesse capítulo apresentaremos uma breve exposição das normas que regem o Ensino Fundamental, inclusive quanto ao conteúdo programático estudado neste nível de ensino. Em parte, nossa exposição recairá sobre a

formação inicial do professor de Ciências, tendo em vista que ele é o responsável por apresentar esse conteúdo aos alunos do Ensino Fundamental II. Tal abordagem tem por objetivo responder à seguinte pergunta: Será que esses professores possuem as condições consideradas como satisfatórias para desempenhar esse papel?

Entendendo que a opinião desses professores é de suma importância, decidimos ouvi-los, de modo que eles expressassem quais seriam as medidas cabíveis para que pudessem adquirir segurança ao ensinarem Física em sala de aula.

Por outro lado, lembramos que a **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)** – documento que estabelece as aprendizagens essenciais que devem ser trabalhadas nas escolas – foi recentemente homologada em duas etapas: no ano de 2017 (Educação Infantil e Ensino Fundamental); e o Ensino Médio no final de 2018. Na Educação Infantil e no Ensino Fundamental o prazo para implementação total é no início de 2020, já no Ensino Médio, as mudanças deveriam **começar** a serem aplicadas no início de 2020.

Embora nosso trabalho tenha sido desenvolvido em período anterior à mudança da BNCC, pois a pesquisa foi iniciada antes das alterações, essa mudança não interfere em nossa análise, uma vez que nos dedicamos a apresentar propostas referentes à formação inicial do professor no âmbito do Ensino Superior. Destacamos, inclusive, que com a mudança na BNCC o conteúdo de Física apresentado no Ensino Fundamental I torna-se mais abrangente.

2.1 – A Física e o Ensino Fundamental II: normas gerais

A Estrutura Educacional no Brasil é dividida em Ensino Fundamental e Ensino Médio.

A partir de 2008, o ensino fundamental passou a ser dividido em Ensino Fundamental I (ou anos iniciais) e Ensino Fundamental II (ou anos finais).

A primeira fase do Ensino Fundamental compreende o período do 1º ao 9º ano e atende crianças dos 6 (seis) aos 14 (catorze) anos. Posteriormente, o

aluno estará no Ensino Médio, cuja duração é de 3 anos e que tem como um de seus objetivos, aprofundar os ensinamentos do Ensino Fundamental.

No Ensino Fundamental I (EFI), os alunos iniciam o processo de alfabetização no 1º ano, aos 6 anos, experimentando ao longo dos anos processos de desenvolvimento motor, cognitivo e social. Ao chegar no 5º ano com, aproximadamente, 10 anos, espera-se que o aluno já esteja preparado para uma nova fase, na qual terá contato com um número maior de professores e disciplinas.

Em torno dos 11 anos, o aluno inicia o Ensino Fundamental II no 6º ano, que se caracteriza por ser uma fase mais complexa e que será concluída no 9º ano. Ao concluir esta fase, o aluno, aos 14 anos, já deverá ter alcançado a maturidade necessária para iniciar o Ensino Médio.

O aluno atravessará, então, processos de transição onde precisará adquirir certa autonomia, desenvolver independência, ter responsabilidades, senso de organização dentre outras características necessárias para aprender a lidar também com um número maior de disciplinas, o que implica em certa complexidade dos mecanismos aprendizagem.

As disciplinas que compõem o EFII são: Língua Portuguesa, Matemática, Geografia, História, Ciências e Inglês. Naturalmente, em virtude dos objetivos desse trabalho, nosso foco recairá sobre a disciplina Ciências, uma vez que os conteúdos de Física nela se encontram presentes.

De uma forma muito sutil, os conceitos de Física começam a ser introduzidos no 6º Ano. No 7º e 8º anos, a Física não costuma ser abordada nos materiais didáticos. Entretanto, no 9º ano o aluno se depara com um conteúdo expressivo de Física, como podemos verificar na tabela abaixo (PEREIRA, SANTANA e WALDHELM, 2015; CARNEVALLE, 2014 (a) e (b); CANTO, 2015).

SÉRIE	CONTEÚDO DE FÍSICA
6º ANO	<ul style="list-style-type: none">• A Terra e o Universo<ul style="list-style-type: none">➔ O Universo (como surgiu, composição, distâncias astronômicas, a vida de uma estrela)➔ Sistema Solar (como surgiu, componentes do Sistema Solar, Planetas)

	<p>extrassolares e exoplanetas)</p> <p>→ A Terra e a Lua (os movimentos da Terra, a Lua, Astronomia e os avanços científicos e tecnológicos, as marés)</p>
7º ANO	<ul style="list-style-type: none"> • Não há conteúdo de Física
8º ANO	<ul style="list-style-type: none"> • Não há conteúdo de Física
9º ANO	<ul style="list-style-type: none"> • Eletricidade e Magnetismo <ul style="list-style-type: none"> → Eletricidade → Cargas Elétricas → Condutores elétricos e isolantes elétricos → Processos de Eletrização (atrito, contato, aterramento) → Descargas elétricas no ar • Geração e Aproveitamento de Energia Elétrica <ul style="list-style-type: none"> → Diferença de potencial elétrico → Corrente elétrica → Energia elétrica → O uso doméstico de energia elétrica (segurança no uso da energia elétrica) • Bússolas, Ímãs e Magnetismo Terrestre <ul style="list-style-type: none"> → Magnetismo → Eletromagnetismo → Ímãs e Eletroímãs → Magnetismo → A bússola e o magnetismo terrestre • Ondas Eletromagnéticas <ul style="list-style-type: none"> → Ondas → Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas → Características e Aplicações das ondas eletromagnéticas • Luz e Cores <ul style="list-style-type: none"> → Conceitos introdutórios à Óptica → As componentes da luz branca → Cores primárias de luz e visão • Calor, Efeito Estufa e Aquecimento Global <ul style="list-style-type: none"> → Escala de Temperatura → Calor e Troca de Calor → Condução térmica → Convecção térmica → Irradiação térmica → Aquecimento global • Velocidade e aceleração <ul style="list-style-type: none"> → Conceitos introdutórios à Mecânica → Velocidade média e instantânea → Aceleração → Movimento Uniforme e variado → Queda livre → Aceleração da gravidade • Movimento e Equilíbrio <ul style="list-style-type: none"> → Massa → Grandezas escalares e vetoriais → Força

	<ul style="list-style-type: none"> → Leis de Newton → Tipos de força (peso, tração) e medidores → Equilíbrio de corpos extensos • Gravitação <ul style="list-style-type: none"> → Conceitos de força centrípeta → Força centrípeta e objetos em órbita → Lei da Gravitação Universal → Geocentrismo x Heliocentrismo
--	--

Tabela 2 – Conteúdo programático de Física no EFII

Ao analisar a Tabela 2, é perceptível que o primeiro contato mais aprofundado do aluno com conceitos físicos na escola acontece, em grande parte, no conteúdo abordado no 9º ano do EFII. Este conteúdo é extenso e aborda grande parte da conceituação física que deve ser estudada posteriormente no Ensino Médio. Entretanto, sabemos que o Ensino Médio é dividido em três séries e que no 9º ano todo este conteúdo está em uma subdivisão da disciplina de Ciências, considerando que a mesma se desmembra também em Biologia e Química.

2.2 – A crítica

Apesar do 9º ano abordar uma diversidade de conceitos e conteúdos da Física de uma forma comparativamente bem aprofundada – quando tomada em relação aos anos precedentes –, esses conceitos, por diversas vezes, não são trabalhados por um profissional com habilitação plena em Física. A disciplina de Ciências, em geral, é ministrada por professores com habilitação em Ciências Biológicas e afins.

De fato, convém destacar que, de acordo com esclarecimento do MEC⁶, é prerrogativa das secretarias municipais e estaduais estabelecer quais

⁶ Em janeiro de 2020, a autora entrou em contato com o MEC solicitando esclarecimentos em relação à habilitação mínima exigida para que o professor tenha autorização para lecionar a disciplina Ciências no EF. Em resposta, o MEC respondeu que “conforme a Lei nº 12.796, de 4 de abril de 2013, houve alteração da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para dispor sobre a formação dos profissionais da educação e dar outras providências; Art. 62. A formação de docentes para atuar na educação básica far-se-á em nível superior, em curso de licenciatura plena. Esclarecemos, ainda, que as secretarias estaduais e municipais de educação são órgãos administradores do sistema de ensino em seus respectivos estados e municípios. Portanto, orientamos que entre em contato com a Secretaria de Educação local para mais informações.” Sendo assim, fica claro que cabe às secretarias municipais e estaduais estabelecer quais profissionais podem atuar no ensino de Ciências.

profissionais podem atuar no ensino de Ciências. Contudo, parece ser um procedimento quase que hegemônico que essa tarefa seja atribuída aos licenciados em Ciências Biológicas e afins que passam a possuir habilitação para lecionar Física e Química nesse nível de ensino.

Ora, ainda que o MEC tenha assim se manifestado, o próprio ministério recomenda que o perfil do egresso do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais⁷ deve atender ao exposto a seguir:

“O Licenciado em Ciências Naturais é capacitado a atuar na educação básica, prioritariamente no Ensino Fundamental, como educador para a Ciência e para o meio ambiente. Ocupa-se com a formação e a disseminação do saber das Ciências Naturais nas diferentes instâncias sociais, na educação formal ou por meio da educação informal. Deve apresentar domínio da Física, da Química e da Biologia, suas aplicações e desenvolvimento científico.” (MEC, “Seja um professor”)

Duas questões importantes precisam ser observadas neste momento com uma atenção diferenciada: **a primeira diz respeito ao conteúdo trabalhado no 9º ano**. Esse conteúdo corresponde a quase todo o conteúdo que é segmentado nas três séries do Ensino Médio, ainda que não seja tão aprofundado quanto neste nível de ensino.

Em seu primeiro contato mais aprofundado com a Física no 9º ano, o aluno tem a necessidade de dividir sua atenção com outras duas disciplinas (Biologia e Química), também muito importantes e profundas. Em suma, observamos que o aluno precisa assimilar uma demasiada quantidade de novos conceitos em pouco tempo.

A segunda questão que abordaremos, possivelmente contribui para o agravamento desse quadro. Afinal, como mencionado anteriormente, **todo o conteúdo que deve ser ministrado no 9º ano na disciplina de Ciências, é abordado por professores com habilitação em Ciências e afins**. Entretanto, esses professores não possuem o embasamento necessário para ministrar aulas de Física ao saírem da graduação.

Em seu texto, Mello e Silva (2004) ratificam essa compreensão:

⁷ Mais um curso que guarda certa similaridade com Licenciatura em Ciências Biológicas e Licenciatura em Ciências da Natureza.

“Pesquisas recentes afirmam que a maioria dos professores, que lecionam a disciplina ciências no último ano do ensino fundamental, tem sua formação acadêmica em cursos de licenciatura em Ciências Biológicas”.

Afirmação que pode ser complementada ao recorrermos a Cunha e Krasilchik (2000).

“Na maioria das vezes os professores têm sua formação ligada à área de Ciências Biológicas, não tendo então a devida habilitação para abordar e trabalhar com determinados conteúdos das disciplinas de Física e Química”.

Ora, o professor possui papel fundamental em uma sala de aula. Ele deve ter segurança no conteúdo ministrado para ensinar com clareza e veemência. Entretanto, se em sua formação acadêmica inicial houver lacunas conceituais, é bem provável que esse professor se sinta fragilizado ao ter que ministrar uma disciplina em que ele não possui facilidade de entendimento e o conhecimento necessário para se sentir seguro. De fato, ao ingressarem nas universidades, não é raro que os futuros professores, assim como alunos de bacharelado nas áreas biológicas, apresentem certo descontentamento, ou mesmo receio, ao saberem que voltarão a ter disciplinas de Física durante sua graduação.

De acordo com Paganotti e Dickman (2011), essa insegurança emerge durante o exercício profissional:

“Observamos as dificuldades apresentadas pelos colegas professores, em especial aqueles com formação em Ciências Biológicas, quanto ao domínio dos conceitos de Física. Percebemos que esses profissionais, apesar de dominar bem a disciplina na qual eles têm formação acadêmica específica, ensinando com facilidade os tópicos de Biologia trabalhados em Ciências, não se sentem seguros ao ensinar os tópicos de Física aos alunos do nono ano do ensino básico.”

Mesmo diante desse quadro temerário, segundo nossa concepção, não parece haver no curto prazo expectativas de mudança, pois recentemente a Secretaria de Educação do Município do Rio de Janeiro, publicou edital para concurso de professores para a disciplina de Ciências, no qual estabeleceu como qualificação exigida a “Licenciatura Plena com habilitação em Ciências” (SME-RJ, 2019), o que nos parece uma forma de cristalizar o equívoco. Assim, nos parece razoável concluir que a única beneficiada com a manutenção desse cenário é a inércia do Estado, tendo em vista que acreditamos que o ensino de Ciências no 9º ano deveria ficar sob a responsabilidade de licenciados em

Física, Química e Biologia. Com isso, todos ganhariam, pois os licenciados em Ciências Biológicas permaneceriam atuando na sua área de formação e os estudantes do EF teriam profissionais com a qualificação adequada para ministrar os conteúdos de Física e Química.

Por outro lado, ainda que não esteja diretamente relacionada ao nosso trabalho, nos parece conveniente aqui apontar uma situação similar. Entendemos que a exigência de que o professor de Ciências leccione conteúdos que não estão associados à sua formação acadêmica é análoga a que encontramos em nossa experiência diária, quando comparamos essas dificuldades àquelas enfrentadas pelos professores de Matemática que lecionam Física sem ter licença plena na área.

Retornando à realidade enfrentada pelos professores de Ciências, destacamos que por mais que existam disciplinas de Física durante a sua graduação, essas disciplinas, em geral, não suprem as necessidades desses professores.

Além desse aspecto, a obrigatoriedade de apresentar conceitos de Física não é compatível com a opção de graduação feita por ele. Afinal, se o professor optou por ministrar aulas de Biologia, por que obrigá-lo a ministrar conteúdos de uma disciplina que possui profissionais qualificados, com conhecimento específico e com a formação necessária para exercer esse papel?

Voltando ao ponto central desse trabalho, destacamos que, com a intenção de obter maiores informações a respeito da vivência dos professores de Ciências que lecionam Física no 9º ano e estão em sala de aula atualmente, decidimos conversar com esses professores.

Durante essas conversas, eles fazem alguns comentários relacionados à carga horária de Física na graduação, destacando que uma ou duas disciplinas durante sua formação acadêmica não são suficientes para aprender Física de maneira profunda e satisfatória, mas apenas de uma forma muito superficial.

Com relação ao sentimento do professor, eles retrataram que se sentem inseguros, pois além de não terem a mesma experiência do professor de Física, muitos têm dificuldade no aprendizado em Física desde o Ensino Médio.

Apresentaram, ainda, algumas sugestões para a melhoria na formação do professor de Ciências. Segundo eles, para que esse professor tenha condições de ensinar Física, é necessária a reformulação da estrutura curricular, modificando a grade e dedicando, **pelo menos**, três disciplinas de Física, para que o conteúdo seja apresentado de maneira mais sólida e detalhada.

Os professores comentaram diversas vezes que sempre tiveram dificuldade de compreender Física e que isso dificulta muito o aprendizado deles. Além disso, destacam que a interdisciplinaridade com a Biologia, por mais que fosse de grande valia, foi inexistente em suas formações acadêmicas.

2.3 – A proposta

Nesse momento, acreditamos que convém antecipar, parcialmente, alguns elementos relacionados ao nosso produto, ainda que maiores detalhes sejam apresentados posteriormente a partir do Cap. 4.

A convivência com professores de Ciências e alunos que estão inseridos no dilema que foi tratado na seção 2.2, contribuiu para a ideia principal do produto educacional. De fato, essa convivência e os diálogos que dela emergiram nos impulsionaram a elaborar uma ferramenta que pudesse contribuir para reduzir as lacunas de formação, no que se refere à conceituação de Física.

Assim, o foco central do produto recai na tentativa de auxiliar o professor de Ciências – que possui necessidade de aprender Física –, mediante processos de aproximação interdisciplinar entre a Biologia e a Física. Em outras palavras, a intenção não é tirar o professor de Ciências de sua zona de conforto, que é a Biologia. A intenção é inserir a Física nas aulas de Biologia de uma maneira simples, sem perda de rigor, onde tanto o professor em exercício – ou mesmo o professor formador no âmbito do Ensino Superior – quanto o

professor em formação tenham a percepção de que as disciplinas se complementam em diversas situações.

Ao nos debruçarmos sobre a tarefa de elaborar um produto que auxiliasse o professor de Ciências, algumas questões norteadoras sugeriram: Como atingir tal objetivo de uma maneira eficaz? Como construir uma ferramenta didática que possa ser difundida de maneira dinâmica? Em relação a esta última questão, tínhamos um cenário claro diante de nós: Não são apenas os professores do Rio de Janeiro que passam por situações de fragilidade em relação à Física, professores de outros estados também conforme relatos em reuniões públicas (EBEF, 2019).

Com a intenção de solucionar essa segunda questão, resolvemos criar um site. Sendo assim, podemos descrever o produto educacional como **um site no qual se busca a aproximação interdisciplinar entre a Física e a Biologia, utilizando exemplos do cotidiano, em uma linguagem mais simples e de fácil compreensão, para auxiliar os futuros professores de Ciências.**

Apesar desse site ser voltado para futuros professores, ele também pode ser útil para os professores formados e em exercício, pois mesmo com a experiência adquirida no decorrer dos anos, estes podem encontrar dificuldades para lecionar Física ou até mesmo podem querer complementar suas aulas com um material extra.

CAPÍTULO 3

REFERENCIAL TEÓRICO

Introdução

O estudo dos fenômenos naturais nos permite compreender os mecanismos que regem o funcionamento dos seres vivos e do ambiente no qual se encontram. Invariavelmente, esses fenômenos se caracterizam por apresentar aspectos muito diferenciados entre si. Dificilmente é possível isolar cada um dos fatores que regem esses fenômenos, uma vez que eles são influenciados por inúmeros outros fatores, ocasionando inter-relações que resultam no surgimento de sistemas complexos. Porém, a partir de estudos mais aprofundados disponíveis na literatura, é possível vislumbrar a possibilidade de que aproximações interdisciplinares sejam ferramentas eficazes para a análise de muitos desses fenômenos. Ainda que essas aproximações fiquem evidentes, por motivos diversos essa interligação nem sempre é identificada e realizada.

É necessário destacar, portanto, que desde o final da década de 1970 já se reconhecia a existência de instabilidades no sistema educacional brasileiro, no que se refere à fragmentação do ensino. Ainda hoje não é comum que disciplinas das Ciências da Natureza dialoguem entre si, assim como não costumam dialogar os profissionais que representam esses diferentes campos do conhecimento e que se encontram imersos no campo da educação.

É no sentido de contribuir para estabelecer pontes entre esses campos, que decidimos nos debruçar sobre alguns elementos do que se entende por interdisciplinaridade. É conveniente esclarecer, no entanto, que não temos a ambição de desenvolver um estudo sistematizado a respeito da interdisciplinaridade. Assim, nesse capítulo, nossa abordagem vai se alicerçar apenas nas noções desse arcabouço teórico que estão mais intimamente relacionadas com o teor desse trabalho.

A interdisciplinaridade – aqui compreendida como aproximações entre diferentes campos do conhecimento – experimentou um processo de

sistematização conduzido no Brasil por Hilton Japiassu (1976), baseado na obra de George Gusdorf, e que contou posteriormente com a contribuição de Ivani Fazenda (1992).

Em virtude do produto educacional que aqui será apresentado, nosso foco recairá nas possibilidades de aproximação entre Física e Biologia, no contexto da formação inicial de professores de Ciências.

O ensino de Física tem se caracterizado pela abordagem de conceitos, leis e princípios que, em geral, são apresentados de forma desarticulada e fragmentada, invariavelmente distanciados da vida experienciada pelos estudantes em diversos níveis de ensino (RICARDO e FREIRE, 2007; ARAUJO e VIANNA, 2010). Esse distanciamento os torna, então, vazios de significado para esses mesmos estudantes, afinal, é um ensino que enfatiza o emprego de equações em detrimento da análise conceitual, o que dificulta a construção de um espírito crítico e científico em sala de aula. Um ensino que insiste na resolução de exercícios artificiais e repetitivos que, em regra geral, tendem a não contribuir de maneira significativa para a construção do conhecimento, mediante a aquisição de novas competências e habilidades.

Recentemente essa vertente volta a ser criticada, através da RESOLUÇÃO CNE/CP⁸ N ° 2, de 20 de dezembro de 2019, que estabelece que se deva estimular em cursos de formação inicial de professores

“o compromisso com as metodologias inovadoras e com outras dinâmicas formativas que propiciem ao futuro professor aprendizagens significativas e contextualizadas (...), visando ao desenvolvimento da autonomia, da capacidade de resolução de problemas, dos processos investigativos e criativos, do exercício do trabalho coletivo e interdisciplinar, da análise dos desafios da vida cotidiana” (BRASIL, 2019).

E mais. Estimular o “emprego pedagógico das inovações e linguagens digitais como recurso para o desenvolvimento, pelos professores em formação, de competências sintonizadas com as previstas na BNCC e com o mundo contemporâneo” (BRASIL, 2019).

Portanto, dentre as competências exigidas pelo MEC (Ministério da Educação) no sistema educacional do Brasil, podemos identificar que se

⁸ Conselho Nacional de Educação/Conselho Pleno.

encontra presente, ainda que não explicitamente, eventuais aproximações entre Física e Biologia em sala de aula. Estas aproximações se mostram necessárias por se relacionarem ao fato de que o professor de Ciências – Biológicas e da Natureza – possuir competência para lecionar Física para o Ensino Fundamental II.

Sendo assim, neste capítulo abordaremos tais exigências, assim como faremos a análise da estrutura das ementas das disciplinas de Física dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e da Natureza de cinco das principais universidades públicas do Estado do Rio de Janeiro. Além disso, apresentaremos uma conclusão parcial a respeito desse cenário diverso, através da comparação entre as habilidades necessárias para um professor de Ciências e o que lhe é oferecido na graduação dos cursos de Ciências Biológicas e da Natureza nas universidades mencionadas.

3.1 – A interdisciplinaridade em linhas gerais

Atualmente, nas escolas brasileiras as disciplinas são ministradas de forma segmentada, na qual os conteúdos programáticos são, em geral, apresentados sem que sejam exploradas as conexões com as demais disciplinas.

Porém, em nosso cotidiano, sabemos que múltiplos fatores contribuem para a ocorrência dos fenômenos que observamos. Essa multiplicidade evidencia a importância de que abordagens interdisciplinares – ou, em muitas vezes, multidisciplinares – sejam empregadas para uma explicação mais profunda dos fenômenos.

Segundo PIETROCOLA et al. (2003):

“Os professores deveriam, então, ser capazes de implementar atividades de cunho interdisciplinares. Mas isto pressupõe espaço no currículo das licenciaturas para discutir, preparar, aplicar e avaliar tais atividades.”

A abordagem interdisciplinar, apesar de muito importante, muitas vezes não é desenvolvida devido a falta de aprofundamento do professor em sua formação acadêmica inicial, como parecem confirmar Pietrocola *et al.* (2003): “A dificuldade de trabalhar com metodologias ou técnicas interdisciplinares, em

qualquer grau de ensino, tem parte de suas raízes na formação disciplinar dos professores”.

Apontamentos como os expostos por esses autores nos levam a refletir diretamente a respeito da importância da formação inicial dos professores e do seu papel para a sociedade. Não nos parece honesto exigir um comportamento pautado em perspectivas interdisciplinares do professor, se este teve lacunas em sua formação acadêmica em relação à interdisciplinaridade.

Em nossa perspectiva, a interdisciplinaridade deve ser construída a partir das disciplinas e de uma formação especializada sólida, mas conforme apontam Pietrocola et al, em geral, a formação inicial de professores se caracteriza por não estimular ações interdisciplinares.

Em geral, existe a tendência desses professores em reproduzir a forma como os conteúdos lhes foram apresentados. Afinal, muitas vezes o próprio professor formador na graduação não estimula os estudantes se utilizando de abordagens interdisciplinares em suas aulas. Com isso, um padrão passa a ser exibido uma vez que, de uma forma quase que cíclica, o aluno ao se formar sente-se inclinado a repetir a maneira com que os conteúdos lhes foram apresentados em suas aulas, desde o ensino Fundamental até a graduação.

3.2 – Normas gerais para a formação de professores de Ciências

As aproximações interdisciplinares vêm se apresentando como caminhos promissores para o desenvolvimento de abordagens mais abrangentes no ensino de determinados conteúdos⁹. Isto posto, é necessário que o professor em exercício tenha tido contato com essas aproximações em sua formação acadêmica inicial, de modo que tenha condições de fazer tais abordagens.

No capítulo anterior, discutimos brevemente o conteúdo abordado na disciplina de Ciências do 9º Ano do Ensino Fundamental II, porque é nessa disciplina que se encontram os conceitos mais aprofundados de Física e Química nesse nível de ensino.

⁹ Esses conteúdos foram apresentados na seção 2.1 do capítulo anterior.

Nesse sentido, de acordo com o parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE), via Câmara de Educação Superior (CES), de dezembro de 2001, os egressos dos cursos de licenciatura devem apresentar entre suas competências e habilidades (BRASIL, 2001): *“atuar multi e interdisciplinarmente, interagindo com diferentes especialidades e diversos profissionais, de modo a estar preparado à contínua mudança do mundo produtivo”*; enquanto que a *“modalidade Licenciatura (em Ciências Biológicas – inserção da autora) deverá contemplar, além dos conteúdos próprios das Ciências Biológicas, conteúdos nas áreas de Química, Física e da Saúde, para atender ao ensino fundamental e médio”* (BRASIL, 2001).

Ora, para exigir que um profissional seja capaz de lecionar de forma a dominar tais conteúdos, é necessário que ele tenha em sua formação acadêmica disciplinas que abordem de forma mais aprofundada os conceitos que o auxiliem durante seu aprendizado. Principalmente, reforçando os conteúdos básicos necessários para as aulas que ele irá ministrar para o 9º ano de forma segura e clara.

Entretanto, muitas vezes nas graduações de Licenciatura em Ciências Biológicas ou da Natureza, a disciplina de Física é lecionada em apenas 1 ou no máximo 2 semestres, sendo, em nossa opinião, inviável o aprendizado mais aprofundado da conceituação física que lhe será exigida no futuro.

Para refletir a respeito da questão acima apontada, é apresentada abaixo uma tabela¹⁰ com os conteúdos de Física presentes nos cursos de Ciências Biológicas de cinco das universidades públicas do Rio de Janeiro.

INSTITUIÇÃO	CURSO	DISCIPLINA	CH	EMENTA
UERJ	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	FÍSICA PARA BIOLOGIA	60	Medidas, Grandezas Físicas. Unidades (SI), Padrões de tempo, comprimento, massa, precisão, Algarismos significativos. Vetores. Cinemática Escalar e Vetorial. Dinâmica do ponto material. Estática dos sólidos. Estática dos fluidos. Termometria. Calorimetria. Gases perfeitos. Termodinâmica. Óptica Geométrica. Eletrostática
	CIÊNCIAS	FÍSICA GERAL	60	Leis de Newton; Trabalho e Energia; Conservação da energia; Conceitos de termodinâmica; Hidrostática; Física de radiações; Fenômenos elétricos em células; Tópicos Suplementares de Física.

¹⁰ A tabela foi obtida a partir de consulta aos sites das universidades citadas.

UNIRIO	BIOLÓGICAS (BACHA)	FÍSICA APLICADA	90	Teoria dos erros, Fontes convencionais e não convencionais de energia. Fusão e fissão nuclear; Radioatividade; Decaimento radioativo; Hidrodinâmica; A 2ª Lei da Termodinâmica
	CIÊNCIAS DA NATUREZA (LIC)	FÍSICA GERAL	60	Leis de Newton; Trabalho e Energia; Conservação da energia; Conceitos de termodinâmica; Hidrostática; Física de radiações; Fenômenos elétricos em células; Tópicos Suplementares de Física.
		FÍSICA AMBIENTAL	45	Hidrodinâmica; Eletrodinâmica; Física Térmica, conseqüências ambientais da 2ª Lei; Geração de Energia; Energia Solar e células fotovoltaicas; Energia Nuclear; Sustentabilidade; Radioatividade e radioproteção; Tópicos Suplementares de Física.
		FÍSICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	60	Cinemática Escalar e Vetorial. Leis de Newton. Trabalho e Energia. Termodinâmica. Hidrostática. Eletricidade e Magnetismo. Ondas sonoras. Ondas eletromagnéticas. O olho humano.
	BIOLOGIA (LIC)	COMPLEMENTOS DE FÍSICA	90	Força de Atração Gravitacional. Sistema solar. Movimento planetário e satélites. Noções de Astronomia Galáctica e Cosmologia. Física das Radiações. Atualidades na área de física.
FÍSICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS		60	Cinemática Escalar e Vetorial. Leis de Newton. Trabalho e Energia. Termodinâmica. Hidrostática. Eletricidade e Magnetismo. Ondas sonoras. Ondas eletromagnéticas. O olho humano.	
UFF	CIÊNCIAS NATURAIS (LIC)	FÍSICA POR ATIVIDADES	60	Conceitos Básicos da Física; Algarismos significativos; Grandezas Físicas, escalares e vetoriais; Cinemática Escalar; Cinemática Vetorial; Dinâmica da partícula; Princípios da Conservação; Estática; Hidrostática e Rotações
	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (LIC)	FUNDAMENTOS DE FÍSICA PARA BIOLOGIA	80	Identificar Ordens de Grandeza; Expressar energia e sua conservação, potenciais elétricos e capacitores, energia no corpo humano. Relacionar fluidos, pressão, princípios da Pascal e Arquimedes, Escoamento de fluidos, Gás de Van Der Waals, Diagrama de fases; Definir processos irreversíveis; Relacionar fenômenos ondulatórios com som e óptica do corpo humano; Descrever lentes e relacionar com a formação de imagens na câmera fotográfica e microscópio. Conhecer conceitos básicos e aplicações de radiação nuclear; Identificar raio X e suas aplicações; Relacionar reações em cadeia e reator U235; Aplicação datação e estudar Leis de Escala em Biologia, distribuições em Leis de Potência, modelos evolutivos, assistir tópicos especiais de Física aplicada à Biologia
	CIÊNCIA AMBIENTAL (BACHA)	NÃO POSSUI DISCIPLINA DE FÍSICA	-	-
	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BACHA)	FÍSICA EXPERIMENTAL PARA BIOLOGIA	40	Movimento Retilíneo, Leis de Newton, Conservação de Energia, Empuxo, Eletricidade, Magnetismo, Reflexão e Refração da Luz
				Noções de Cinemática e Dinâmica, Medidas de Grandezas Físicas. Energia:

UFRJ	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (LIC)	FÍSICA PARA CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	60	conservação e fontes. Radiações: efeitos biológicos, raio X. Fenômenos ondulatórios: som e ultrassom, óptica, instrumentos ópticos, o olho humano. Fluidos. Fenômenos elétricos e magnéticos: potencial e campo, fenômenos elétricos em células nervosas.
		FÍSICA PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS	60	Desenvolvimento conceitual e experimental de tópicos de mecânica; Física Térmica; Ondulatória; Eletricidade, Magnetismo e Óptica, integrados ao programa de Ciências Naturais para o 2º Ciclo no Ensino Fundamental. Estratégias de ensino-aprendizagem.
UFRRJ	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (LIC E BACHA)	FÍSICA GERAL	60	Princípios Gerais da Mecânica, da Termodinâmica e do Eletromagnetismo – (Medição, Cinemática, Dinâmica, Gravitação, Fluidos, Teoria Cinética, Eletrostática, Eletromagnetismo e aplicações elétricas)

Tabela 3 – Ementas das disciplinas de Física de cinco universidades públicas do RJ.

UERJ → Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UNIRIO → Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

UFF → Universidade Federal Fluminense

UFRJ → Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRRJ → Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Analisando a tabela acima, podemos observar que, em relação ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, existe uma grande diferença na carga horária das disciplinas de Física.

Na UERJ e na UFRRJ, são dedicadas apenas 60 h para os estudos de Física em uma única disciplina, enquanto que na UFF são oferecidas 80 horas também em uma disciplina. Por outro lado, na UFRJ, a carga horária é ampliada em relação às três universidades anteriores, ofertando 120 h distribuídas em duas disciplinas. No Projeto Pedagógico da UNIRIO também são ofertadas duas disciplinas, mas com carga horária total de 150 h, ainda que, neste caso, esteja prevista a redução da carga horária que passará a ser de 120 h.¹¹

Apenas duas universidades possuem curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: UNIRIO e UFF. Na UNIRIO, a carga horária de 165 h é distribuída entre três disciplinas. Já na UFF, a carga de 60 h está concentrada em uma única disciplina.

¹¹ Essa informação foi obtida pela autora, mediante consulta pessoal ao Departamento de Física da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

Cabe esclarecer que a Tabela 3 também possui informações sobre os cursos de Bacharelado, pois é muito comum que os alunos do Bacharelado façam complementação em Licenciatura.

De acordo com os dados que levantamos, apenas a UNIRIO, UFF e UFRRJ possuem cursos de Bacharelado em Ciências Biológicas (apesar da UFRJ possuir o curso de Ciências Biológicas direcionado a segmentos distintos. Ex: Modalidade Médica, Biofísica, dentre outros). Nesses cursos de bacharelado, verificamos que na UNIRIO a carga horária de 150 h está dividida em três disciplinas, enquanto que na UFF, a carga de 40 h está concentrada em apenas uma disciplina de caráter experimental. Cabe destacar que na UFRRJ a carga horária de 60 h é idêntica para os cursos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas.

Concluimos, então, que existe uma discrepância considerável para um mesmo curso em diferentes universidades. Portanto, ainda que a autonomia universitária e independência administrativa sejam características louváveis do nosso sistema educacional, essas características implicam substancialmente numa significativa diversidade quanto ao conteúdo acessível ao professor em formação numa mesma região do país.

Entendemos ser necessário ressaltar que a conclusão acima não envolve um olhar crítico, mas exhibe tão-somente um retrato do que efetivamente é realizado em algumas das universidades públicas do Estado do Rio de Janeiro.

É possível concluir também que, embora a legislação estabeleça que abordagens interdisciplinares devam ser estimuladas na formação inicial dos futuros professores de Ciências, há um distanciamento entre o discurso oficial e a realidade do sistema educacional. Sendo assim, entendemos que é necessário se examinar o cenário atual a partir de uma análise crítica.

3.3 – O estado da arte

As críticas com relação à forma como os professores de Ciências são preparados em sua formação acadêmica inicial estão presentes em diversos estudos. Em geral, conclui-se que ao se tornarem profissionais eles não

exibem a segurança necessária para discutirem conceitos físicos em sala de aula. Por exemplo, de acordo com publicação da Academia Brasileira de Ciência (ABC, 2007):

“A baixa qualidade do ensino a partir da 6ª série é agravada muitas vezes pela má formação do professor, que só tem um conhecimento superficial da matéria que está ensinando. Esta situação se torna ainda pior para a metade dos alunos do ensino médio público que estuda no turno da noite, quando o aproveitamento é menor.”

Ainda na mesma publicação a ABC recomenda:

“que nas diversas áreas de conhecimento citadas¹² acima seja determinado um conjunto central de competências que os estudantes deveriam obter, nos diversos níveis de ensino básico. Estas competências deveriam incluir os conhecimentos interdisciplinares e específicos, a capacidade de utilizá-los e as atitudes e valores indispensáveis para os cidadãos ao longo da vida.”

Segundo essa perspectiva, cabe perguntar: se o próprio professor, egresso dos cursos de licenciatura, não possui aprofundamento no conteúdo, como o mesmo vai ministrá-lo em uma sala de aula para adolescentes? Adolescentes são questionadores e precisam que o professor domine os temas que leciona.

Ainda com a ideia de que a interdisciplinaridade, juntamente com o currículo dos cursos de graduação dos Licenciados em Ciências, é essencial para a melhor desenvoltura do professor, recorreremos à Júnior e Pietrocola (2005) para destacar que:

“Assim, acreditamos que devemos dar uma melhor atenção nos modelos de currículo para formação desses professores, e também, analisar qual seria um modelo de currículo que contemple a formação de um professor que seja apto a trabalhar interdisciplinarmente com os conteúdos das diversas Ciências no Ensino Fundamental.”

Pode-se concluir, então, que inúmeros fatores contribuem para a má formação do aluno em Ciências no Ensino Fundamental II, o que pode gerar um grau de dificuldade maior quando o mesmo estiver no Ensino Médio, uma vez que o primeiro contato com a Física foi feito de forma superficial. Afinal, muitas vezes a Física é estudada com grande número de cálculos e fórmulas que carecem de sentido para esses estudantes.

¹² As áreas citadas no documento são Física e Química.

Acreditando que já tenhamos apresentado justificativas plausíveis para o desenvolvimento do presente trabalho, enfatizamos que, em nossa perspectiva, é fundamental que ferramentas de aproximação interdisciplinar sejam construídas com o objetivo de enriquecer a formação acadêmica dos estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas e afins. É a partir desse entendimento que o produto educacional foi elaborado. De fato, **defendemos que a interdisciplinaridade contribui para a melhor compreensão dos conteúdos de Física por parte dos estudantes, ou seja, dos professores em formação.**

CAPÍTULO 4

A METODOLOGIA

Introdução

O produto educacional, que será apresentado no capítulo 5, passou por uma série de ajustes e reconfigurações. Neste capítulo, vamos descrever as etapas que cumprimos durante o desenvolvimento do produto, desde sua concepção inicial até o seu desenho final, *um site*. Essas etapas englobam primeiramente: pesquisa de campo; levantamento de dados referentes aos assuntos de Física que são tratados no Ensino Fundamental; diálogos travados com estudantes de licenciatura na construção do produto educacional. Etapas adicionais também foram realizadas: desenvolvimento da ideia principal, que seria auxiliar os professores em formação, e seleção dos temas que deveriam estar presentes no site.

Inicialmente o trabalho seguia uma lógica de auxiliar os alunos do Ensino Fundamental II, mas posteriormente percebemos que o foco principal deveria ser alterado. Chegamos a essa conclusão através da percepção de que as necessidades educacionais convergiam para um ponto principal: **a formação do professor.**

Esse capítulo está estruturado de tal modo que em sua primeira seção, apresentamos a pesquisa de campo de caráter exploratório, cujo objetivo era levantar dados que nos orientassem durante os processos de construção do produto. Em seguida, estão descritas as etapas cumpridas após a análise dos dados obtidos e apontamos os aspectos que nos levaram a uma alteração da nossa proposta inicial.

4.1 – A pesquisa de campo

Todo aluno que pretende iniciar o mestrado, deve ter um projeto inicial. Sendo professora do Ensino Médio, é fácil perceber a dificuldade dos alunos em relação à Física. Algumas vezes essa dificuldade decorre do emprego da Matemática, enquanto que em outras deve-se à deficiências na interpretação de textos. Em diversas situações, há, ainda, a junção de ambos os fatores, o que resulta na incompreensão dos conceitos físicos. Assim, uma grande

parcela dos alunos de Ensino Médio tem a sensação de que a Física se apresenta como algo impossível de se aprender.

O nosso projeto inicial se direcionava a auxiliar esses alunos a partir do Ensino Fundamental II, de modo que fosse possível inserir conteúdos de Física de maneira lúdica e didática, fazendo com que eles adquirissem o gosto pela Ciência desde cedo. Desta forma, a intenção era de que, com o passar dos anos, eles se tornassem capazes de desenvolver uma boa relação com a disciplina e amadurecessem a maneira de lidar com a conceituação física, ainda que juntamente com a matemática. Contudo, nos estágios iniciais de elaboração do projeto, decidimos conversar com uma turma de graduação do curso de Ciências Biológicas da UNIRIO para saber a relação deles com a Física e suas opiniões sobre ministrar aulas de Física no Ensino Fundamental II, principalmente no 9º Ano.

Esse encontro ocorreu em novembro de 2018 e a turma em questão era da disciplina de Complementos de Física e era formada por alunos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas (como comentado anteriormente, os alunos do bacharelado muitas vezes fazem complementos das disciplinas de licenciatura para ministrarem aulas também). Para nossa surpresa, a maioria dos alunos revelou que seu contato com a Física no Ensino Fundamental II foi superficial e que, como os conteúdos de Física estavam inseridos nos de Ciências, muitos não tiveram conhecimento de que a disciplina ministrada era a disciplina de Física.

Da mesma forma, para eles, a Física no Ensino Médio foi relacionada à **matemática com emprego exagerado de fórmulas que para eles não tinham muito significado**. Assim, através de um bate papo informal, os graduandos foram contando suas experiências – que por muitas vezes eram insatisfatórias – de como conheceram a Física e como lidavam com ela.

Após essa conversa, ficou claro que precisávamos mudar o foco do projeto. Os futuros professores de Ciências, responsáveis por ensinar os primeiros conceitos de Física para os alunos, sinalizaram que precisavam de ajuda, evidenciando que, em geral, não se sentiam em condições de ensinar Física.

Refletimos as respeito desses aspectos e concluímos que, ao trabalharmos com turmas de ensino fundamental, o projeto poderia auxiliar

algumas dezenas de alunos, mas se o foco fossem os professores, um número maior de pessoas poderia ser alcançado. **Afinal, o professor é a peça chave para que os problemas da educação sejam minimizados.**

O projeto educacional adquiriu, então, um novo foco, passou a ser necessário entrarmos no mundo do professor de Ciências. Como primeiro passo, foi necessário pesquisar quais eram os conteúdos programáticos que compõe o material utilizado pelos professores compatível com a BNCC.

Em Janeiro de 2019 foi realizada uma visita a uma Escola Municipal, localizada no bairro de Ramos, no Estado do Rio de Janeiro. Nessa visita, o diretor explicou que o material é selecionado por cada escola e é feito o revezamento do material entre os alunos, assim como recursos disponibilizados para os professores de Ciências de modo que possam ministrar as aulas de Física e Química.

Para a escolha do material, a escola recebe previamente diversas sugestões de várias editoras, sempre autorizadas pelo MEC. Após a análise do material recebido, os professores daquela escola selecionam os livros de suas disciplinas. Cada material possui um código como mostrado na foto abaixo (PEREIRA *et al.*, 2015; CARNEVALLE, 2014 (a); CARNEVALLE (b), 2014; CANTO, 2015), sendo que o diretor utiliza esse código para solicitar o material junto à editora.



Figura 4.1 – Livros de Ensino Fundamental II utilizados em uma Escola Municipal do RJ.

Uma informação relevante é a de que o material selecionado é utilizado pela escola durante os próximos três anos. De fato, o material é reutilizado nos próximos anos com a seguinte logística: O aluno do 9º ano deixa seu material para o aluno do 8º ano que ao final de ano muda de segmento. O mesmo acontece com o aluno do 8º ano, que deixa seu material para o aluno que naquele ano está no 7º ano e assim sucessivamente. Em função do revezamento do material dos alunos da escola, os professores salientam a importância de que eles sejam cuidadosos com os livros, sempre mostrando que no ano seguinte o aluno reutilizará o livro deixado em bom estado por outro colega.

A escola visitada possui laboratórios de Física e Química, entretanto, muitas vezes os experimentos não são utilizados pelos alunos, pois os professores ficam com receio de não saberem como manuseá-los.

Após a conversa com o diretor, ele cedeu o material utilizado no EFII da escola para que fizéssemos uma análise dos conteúdos de maneira a complementar algumas informações obtidas durante o encontro. Consideramos que era extremamente importante para o bom encaminhamento do projeto que o conteúdo fosse explorado com profundidade.

4.2– O produto educacional a partir da pesquisa de campo

Em virtude dos contatos anteriores com os estudantes dos cursos de graduação, decidimos mudar o foco do trabalho, de modo que o foco passou a ser o professor de Ciências em formação. Diante dessa decisão, foi necessária então uma nova conversa com, agora, os futuros professores. O propósito dessa conversa seria apresentar algumas propostas e mostrar que eles seriam os responsáveis pelo ensino dos conceitos iniciais de Física para alunos do EF.

Na UNIRIO, a disciplina Física para o Ensino de Ciências (FEC) é voltada para os alunos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Licenciatura em Ciências da Natureza. O professor da disciplina foi consultado e o mesmo cedeu espaço para que a conversa com os alunos fosse realizada.

No dia 19 de março de 2019, foi realizada a primeira conversa com os alunos da disciplina. Na ocasião, foi discutida a importância deles aprenderem Física em virtude das responsabilidades que eles teriam em suas carreiras como professores. Afinal, eles desempenham um papel de destaque por serem

aqueles que primeiramente apresentam conceitos de Física aos estudantes do Ensino Fundamental. Foi, ainda, enfatizado que eles poderiam ser capazes de mudar a visão do aluno em relação à Física. Mais uma vez, muitos se surpreenderam por desconhecerem tais responsabilidades, entretanto se mostraram dispostos a aprender e se dedicarem participando das atividades propostas que relataremos a seguir.

Logo após esse primeiro contato – e em virtude dele –, elaboramos um questionário que foi enviado aos alunos de FEC via grupo da disciplina no Facebook no formato de Formulários Google.

As perguntas do formulário tinham como objetivo ratificar, ou desencorajar, uma eventual mudança de rumos na elaboração do produto educacional. Além disso, havia também a intenção de evidenciar quais os temas de Física que poderiam ser trabalhados posteriormente. Portanto, a opinião dos professores em formação passou a ser de extrema importância para o desenvolvimento do nosso produto educacional e essa consulta nos permitiu identificar a melhor ferramenta a ser empregada, em decorrência da análise de seus depoimentos.

A seguir, se encontram as perguntas do questionário:

- 1) Idade; Sexo; Curso; Nome (opcional)
- 2) Quais suas expectativas em relação à disciplina de Física para o Ensino de Ciências e aos temas de Física que são trabalhados no Ensino Fundamental pelo professor de Biologia ou Ciências da Natureza?
- 3) O que você considera necessário para que você se sinta apto a abordar conceitos físicos com alunos do Ensino Fundamental?
- 4) Considerando que será necessário ensinar Física não apenas de maneira conceitual, de que forma a disciplina de Física para o Ensino de Ciências pode contribuir para sua formação acadêmica?
- 5) Como vocês pretendem ensinar conceitos de Física no Ensino Fundamental?
- 6) Quais as estratégias pedagógicas que vocês poderiam utilizar durante seu exercício profissional junto a alunos do Ensino Fundamental?
- 7) De acordo com suas experiências quando estudante do Ensino Fundamental (EF), como foi o primeiro contato que você teve com a

Física? O que você gostaria que fosse feito de diferente para que a Física seja melhor apresentada no EF?

Essas perguntas podem ser separadas em 4 blocos:

- A pergunta 1 foi incluída para fins de estatística. No entanto, entendemos que não havia necessidade dessa análise, pois não estava relacionada diretamente com nosso foco.
- As perguntas 2 e 3 tinham a finalidade de identificar as necessidades dos alunos de FEC. É importante destacar que, na ocasião, acreditávamos que essas necessidades ultrapassavam as fronteiras dessa disciplina específica, o que de fato se verificou posteriormente.
- As perguntas 4, 5 e 6 nos auxiliaram a conhecer as perspectivas dos alunos em sua prática futura em sala de aula quando forem professores.
- A pergunta 7 aborda os problemas que os alunos de FEC tiveram em sua formação no Ensino Fundamental II e as soluções propostas por eles para que isso se modifique durante sua jornada profissional.

Foram obtidas 32 respostas e, após análise das mesmas, verificamos que alguns termos utilizados se repetiam, de modo que se sobressaíam em relação aos demais. Assim, decidimos separar essas respostas em grupos e categorias, conforme a tabela abaixo.

GRUPO	CATEGORIAS PRINCIPAIS	REPETIÇÕES DE PALAVRAS OU TERMOS
I	Aproximações com situações reais	<ul style="list-style-type: none"> • Contextualização • Situações do Cotidiano • Experimentos • Interdisciplinaridade entre a Física e a Biologia
II	Complexidade e valorização da Física	<ul style="list-style-type: none"> • Encantamento • Curiosidade
III	Estratégias Didáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade com a matemática • Linguagem adequada

Tabela 4 – Categorias e expressões mais empregadas pelos sujeitos participantes.¹³

¹³ É conveniente mencionar que a metodologia de análise se aproxima de maneira não muito ambiciosa da Análise de Conteúdo de Bardin (2016)

No Grupo I reunimos os termos associados ao anseio apresentado pelos estudantes de que os exemplos físicos, estudados em sua graduação, estivessem conectados com sua realidade acadêmica e pessoal. Em outras palavras, podemos perceber que os alunos têm a necessidade de aprender a Física de maneira mais concreta, mais dentro de sua realidade. Ora, ainda que a Física seja uma Ciência muitas vezes considerada abstrata, em muitas das suas áreas, é possível começar o aprendizado com temas que podem ser explorados através de experimentos e do cotidiano, com isso os alunos tenderiam a se sentirem mais confortáveis para fazer abordagens mais apropriadas em suas aulas.

No Grupo II, os estudantes apontaram que, embora considerassem a Física como uma disciplina de difícil compreensão, ela era capaz de se mostrar prazerosa quando compreendida. Fica claro, portanto, a percepção dos alunos de que, apesar de suas dificuldades com a Física e com a própria matemática envolvida, há beleza na Física e que ela é capaz de aguçar sua curiosidade. Nessas horas, penso que a expressão utilizada por muitos: “Eu não sou de Exatas”; parece não existir e o prazer proporcionado pela Física se torna maior do que as grandes dificuldades que a mesma causa. Após essa pequena digressão, voltemos ao tema central.

No Grupo III, encontramos referências a uma formação incipiente em Matemática, de modo que os participantes tinham expectativas que uma linguagem mais acessível pudesse ser empregada durante sua formação. Esse talvez seja o grupo que melhor evidencie as maiores dificuldades dos alunos: a matemática e a interpretação de textos. A linguagem utilizada nos materiais didáticos e o que é solicitado nos exercícios, juntamente com a ferramenta utilizada – a Matemática – aumentam consideravelmente o grau de dificuldade para os que não possuem muita aptidão para cálculos, principalmente quando os mesmos estão descontextualizados.

Sendo assim, decidimos envidar esforços no sentido de contribuir com que professores em formação se sintam suficientemente seguros para enfrentarem novas situações. Por estes motivos se fez necessário o desenvolvimento de um produto que vá ao encontro das soluções propostas por eles.

Diante desses resultados, um novo encontro foi agendado com os alunos da disciplina.

No dia 26 de março de 2019, ocorreu uma nova conversa quando, então, destacamos a importância da Física na Biologia a partir de uma visão microscópica, bem como exploramos temas de interface entre esses campos do conhecimento. Com isso, convergimos no sentido de investir em abordagens interdisciplinares.

A partir desses encontros, apenas mostrar a importância dos professores de Ciências e suas responsabilidades na vida dos alunos não nos parecia suficiente. Portanto, nosso objetivo principal passou a ser contribuir para a formação desses futuros professores. Sendo assim, resolvemos inserir a Física de maneira sutil e interligada com o que eles mais estudam: a Biologia.

Agora, com o foco totalmente voltado para este público alvo, passamos a nos dedicar a encontrar qual seria a melhor estratégia para criar um produto educacional que fosse útil para eles. De imediato, algumas questões surgiram: O produto educacional deveria atender apenas esse grupo de alunos (professores em formação)? Por que limitar a quantidade de pessoas e localização para acesso ao produto? Estudantes de outras universidades e professores enfrentam as mesmas dificuldades que os alunos da UNIRIO?

A última dessas perguntas pode ser facilmente respondida à luz do que apresentamos no capítulo 2, mais especificamente na seção 2.2. De acordo com os dados então levantados, nos parece claro que a formação de professores de Ciências, ou mesmo em exercício, apresenta profundas lacunas em relação ao conhecimento de Física.

No sentido de responder às duas primeiras perguntas anteriores, concluímos que a forma mais abrangente de atender um grupo maior de pessoas, seria construir um site.

Este site, contudo, deveria ser construído com conteúdos apresentados com uma linguagem menos formal – sem perda de rigor – para facilitar a compreensão do texto. Além disso, os temas e exemplos estudados deveriam ser cuidadosamente escolhidos, com o objetivo de empregar abordagens com aproximações interdisciplinares entre a Física e a Biologia.

Tínhamos, então, alguns desafios pela frente. Esses desafios nos estimularam a elaborar uma série de estratégias, de modo a construir um

produto, cujo conteúdo fosse repleto de significado para os professores em formação.

Os alunos de FEC deveriam então, ao longo do semestre, realizar seminários com aproximações interdisciplinares, sendo que a autora deste trabalho ficaria responsável por auxiliá-los com sugestões de temas, indicação de conteúdos e construção dos experimentos.¹⁴ Após acordo com os estudantes, foram estabelecidos os procedimentos que relataremos a seguir.

Para o 1º seminário, os alunos de FEC deveriam se dividir em grupos e escolher temas livres – excluindo-se aqueles relacionados à Física Ondulatória – com os quais pudessem explorar aproximações interdisciplinares. Deveriam, também, explicar o conteúdo básico de Física necessário para a compreensão do tema escolhido. No 2º seminário, os temas eram exclusivos de Física Ondulatória e eles deveriam adotar os mesmos procedimentos do 1º seminário. Ainda era exigido que em ambos os seminários os alunos deveriam apresentar, obrigatoriamente, pelo menos um experimento relacionado ao tema.

Pra se evitar que os estudantes corressem o risco de que os experimentos não funcionassem como esperado durante a apresentação em sala de aula, os alunos deveriam filmar e nos enviar previamente o(s) vídeo(s) dos experimentos, para nosso acompanhamento e análise.

Com os temas devidamente escolhidos e o prazo para apresentação dos mesmos em andamento, paralelamente, resolvemos voltar a conversar com professores de Ciências do ensino público e privado – em março e abril de 2019 – que estão presentes em sala de aula diariamente para saber a opinião e as necessidades deles em relação ao Ensino de Física.

Em geral, a opinião deles é que não estavam preparados para desempenhar a função de professor de Física. Com isso, tiveram que estudar sozinhos, mesmo depois de formados, e escolher experimentos que os auxiliassem suas aulas. É importante destacar que um dos professores citou o fato de que no ensino público os professores sentem-se mais livres para realizar a abordagem de uma maneira menos profunda. Essa eventual “liberdade” permite – nas palavras desse professor – que alguns professores

¹⁴ Essas etapas foram supervisionadas pelo professor ministrante da disciplina e tiveram a anuência dos orientadores dessa dissertação.

preferam nem ensinar Física, pois vai dar mais trabalho estudar Física para ensinar.

É notória a lacuna deixada na graduação destes professores quando ainda eram alunos. Essa lacuna leva a procedimentos que tendem a se cristalizar ao longo do tempo: professores, cuja formação é inadequada, reproduzem estratégias, também inadequadas, que se refletem nos seus alunos do Ensino Fundamental. Ainda que deficiências do sistema educacional sejam responsáveis por uma parcela considerável no que diz respeito à base de formação do professor, é possível que o professor também tenha certo grau de responsabilidade ao resistir a continuar se adaptando às situações cotidianas e não assumir que ele se encontra permanentemente numa espécie de formação continuada. Afinal, a sala de aula é um desafio diário e dinâmico e o professor deve ter consciência de que seu papel é de se reinventar a cada dia. Caso isso não aconteça, é possível que seja perpetuado o ciclo de não aprendizagem, muitas vezes marcado por aulas superficiais e incapazes de despertar e conservar o interesse dos estudantes.

No período de 2019.2, outra turma da disciplina de FEC realizou seminários nas mesmas condições e procedimentos adotados com a turma do período anterior, entretanto essa nova turma participou de duas palestras adicionais, nas quais foram abordados, entre outros assuntos, as interações fundamentais, dualidade onda-partícula e outros temas de Física Quântica. Essas palestras abordavam parte da História da Física e a evolução das descobertas científicas voltadas para a parte de Física Ondulatória. Esses conceitos complementarizam os seminários de Ondulatória dos alunos de FEC.

Vale ressaltar que em ambas as turmas, a participação foi muito significativa, tanto para ampliar nosso conhecimento sobre os temas, como para ratificar o caminho seguido para a elaboração do produto educacional.

Ao terem dificuldades ou dúvidas, os alunos procuravam a autora deste trabalho e gradativamente a mesma os orientava, de modo que a construção do seminário se desse de maneira satisfatória e profunda. Em virtude da complexidade dos temas que seriam abordados, muitas vezes a autora recorreu à literatura, para que tivesse condições de auxiliar os alunos de maneira mais eficaz. Certa vez, uma aluna de FEC recorreu à autora pouco antes do início de uma aula de mestrado para tirar uma dúvida e uma

discussão mais ampla a respeito do tema foi feita em conjunto com toda a turma de mestrado. A participação dos alunos de mestrado permitiu alcançar um resultado mais sólido.

Alguns dos temas explorados pelos alunos de FEC foram, então, incorporados ao site. Outros temas escolhidos por esses alunos de FEC, não foram aproveitados no site em virtude do nosso recorte, mas serão aqui mencionados brevemente por se mostrarem muito interessantes. A seguir, destacaremos alguns deles.

O tema “**Gravidade e a saúde dos astronautas**” chamou nossa atenção. No trabalho se comparava a física no sangue, sistema circulatório, músculos, ossos e digestão de uma pessoa na Terra e um astronauta no espaço. A influência da gravidade na ocorrência de osteoporose também foi examinada. Exercícios físicos, como o da Figura 4.2, minimizam essa ocorrência.



Figura 4.2 – Astronauta se exercitando.
(Fonte: Jornal O Globo)

Outro tema muito interessante tratou do **Transporte iônico (Bioeletricidade)**. Nesse tema, os alunos compararam uma célula biológica com uma pilha e mostraram, tanto na parte conceitual, quanto na parte experimental, que as diferenças de concentração iônica entre a clara e a gema do ovo de galinha geram diferença de potencial (d.d.p.) entre elas, conforme foi apontado por nós na seção 1.3.3, mas que essa d.d.p. se aproxima de zero caso os terminais de um multímetro estejam, ambos, no núcleo celular:

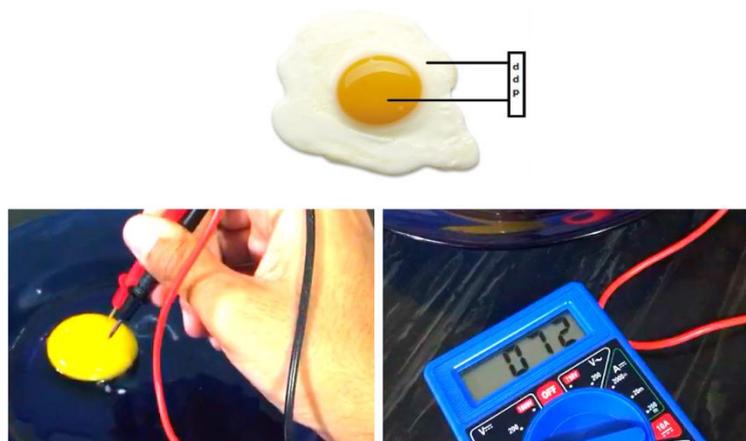


Figura 4.3 – Diferença de potencial reduzida na gema de um ovo de galinha
(Fonte: Elaborado pela autora.)

Na ocasião, a autora contribuiu com a abordagem dos alunos ao se reportar à equação de Nernst-Planck, conforme demonstrado na seção 1.3.2.

De acordo com os depoimentos dos alunos participantes, tanto os temas que foram utilizados no site, quanto os temas que não foram, contribuíram para o seu aprendizado. Cabe destacar que a própria autora, ao orientar os grupos da disciplina, se beneficiou ao obter conhecimentos mais aprofundados sobre os temas, tendo aprendido junto com os alunos.

Vários outros temas interdisciplinares poderiam ser apresentados aqui, porém não é esse o nosso objetivo, de maneira que optamos por apresentar apenas um breve recorte do que foi desenvolvido ao longo do ano de 2019 com as turmas de FEC.

No capítulo 5 trataremos com mais profundidade tão somente os temas escolhidos para compor o site e podemos adiantar que são eles: **pressão, eletrostática e radiação infravermelha**. Esses três temas foram selecionados por nós, em virtude de existirem diversos exemplos do cotidiano.

O empenho dos alunos de FEC em aprender Física, principalmente porque exploramos suas conexões com a Biologia, fez com que a repercussão do trabalho fosse positiva. Os temas interdisciplinares escolhidos pelos grupos, aliados com exemplos do cotidiano e com a realização de experimentos expandiram a forma dos alunos assimilarem as possíveis relações entre a Física e a Biologia.

Vale ressaltar a satisfação apresentada pelos alunos com as descobertas feitas não só pelas apresentações de seus seminários, mas também com as descobertas feitas através das abordagens dos seminários

apresentados pelos seus colegas de turma. Não se tratou meramente de um trabalho em grupo, mas foi um aprendizado em conjunto.

Algumas semanas após o término dos trabalhos do 1º período de 2019, e imediatamente após o início dos trabalhos do 2º período ocorreu, em agosto de 2019, a Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF), na cidade de Cariacica, ES. Dentre os inúmeros temas então abordados, o Ensino de Física pelo professor de Biologia foi citado e criticado em reunião pública.

Na ocasião, estavam presentes professores de Biologia de várias regiões do país que fazem mestrado em Ensino de Física com a finalidade de aumentar o seu conhecimento e melhorar o desempenho em sala de aula. Eles manifestaram em seus depoimentos que essa busca era fruto das lacunas em sua formação acadêmica. Segundo esses professores, eles tinham muitas dificuldades ao ensinar Física no EF, pois se sentiam inseguros para desempenhar essa tarefa.

Esse evento foi relevante, pois depois de inúmeras opiniões e relatos, permitiu que pudéssemos ratificar que um site seria o melhor caminho para auxiliar professores e futuros professores. Assim, profissionais que não conhecemos pessoalmente, mas que estariam em busca de recursos que lhes permitissem aprimorar a abordagem de Física diante de suas turmas passariam a ter acesso a nossa ferramenta. Em nossa perspectiva, devemos investir em processos que não se restrinjam simplesmente à tarefa de ensinar, mas sim, a aprender para ensinar melhor.

No próximo capítulo, vamos dar mais detalhes a respeito da construção do site e de como foi feita a sua aplicação com os alunos de graduação de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas e da Natureza da UNIRIO.

CAPÍTULO 5

O PRODUTO EDUCACIONAL: O SITE

Introdução

Nos capítulos anteriores, gradativamente fomos solidificando a ideia central do produto educacional e ratificamos algumas necessidades do seu público alvo preferencial: professores em formação. Entretanto, é necessário apresentar esse produto com maiores detalhes. É necessário, por exemplo, descrever os critérios estabelecidos para a escolha dos temas na composição do produto e em que ele se transformou ao longo da nossa trajetória.

A proposta de construção de um site como o produto educacional foi apenas o início do processo. Era preciso tomar outras decisões: a estrutura do site e o instrumento de avaliação utilizado para nos certificarmos da sua real eficácia.

Para que não ocorressem equívocos e que fossem reduzidas as possibilidades de imprevistos no dia da aplicação do produto, resolvemos realizar um pré-teste¹⁵ para que, se necessário, fizéssemos alguns ajustes finais.

Neste capítulo vamos mostrar, o mais detalhadamente possível, o processo de construção e avaliação do site. Com esse objetivo, este capítulo se inicia com a apresentação dos motivos que nos levaram à escolha dos temas. Na segunda seção, descrevemos a estrutura do site e em seguida discutimos alguns dos procedimentos adotados antes da aplicação do produto. Nas duas últimas seções, expomos algumas das etapas da logística necessária para a aplicação do produto e avaliação do mesmo.

5.1 – A escolha dos temas

Nos capítulos anteriores mostramos que para a construção do produto, foram feitas pesquisas de campo em diversos setores: Escola Municipal, conversas e questionários feitos com alunos de alguns cursos de Licenciatura e

¹⁵ Esse pré-teste ocorreu alguns dias antes da aplicação do produto com as turmas previamente escolhidas. A turma participante realizou esse teste como parte de uma das avaliações da disciplina FEC no 2º semestre de 2019.

entrevistas com professores formados que já possuíssem experiência em sala de aula. Apesar de serem setores diferentes, eles têm como característica a convergência para interesses comuns: **as relações de ensino-aprendizado do aluno no Ensino Fundamental II.**

Para o professor ensinar, ele precisa aprender e para o professor aprender, ele precisa de ferramentas adequadas para que os conceitos de Física sejam solidificados durante sua formação acadêmica. No capítulo 2, analisamos os conteúdos dos livros de Ensino Fundamental II e verificamos que os mesmos abrangem diversos conceitos de Física, principalmente no 9º ano. No capítulo 3, identificamos lacunas deixadas nas Instituições de Ensino Públicas do Estado do Rio de Janeiro na grade curricular dos alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas e afins, inclusive no pequeno investimento para que sejam construídas aproximações interdisciplinares entre Física e Biologia. No capítulo 4, mostramos que demos voz aos professores em formação para que os mesmos apresentassem suas opiniões sobre o sistema educacional e expressassem seus sentimentos em relação ao cenário que encontrariam ao saírem da faculdade e se depararem com a sala de aula.

A relevância dessa breve retrospectiva repousa na necessidade de se resgatar que esse trabalho se ampara nos anseios demonstrados pelos futuros professores. Conforme explicitado no capítulo 4, chegamos à conclusão de que um site seria a melhor maneira de auxiliar professores em exercício ou em formação, de diversos lugares do país e que estivessem em busca de preencher as lacunas que porventura tenham sido deixadas em sua formação acadêmica.

A princípio, fizemos um esboço de como o site seria construído e também estabelecemos critérios de escolha dos conteúdos que inicialmente fariam parte dele. Essa escolha se baseou nos tópicos que fizessem parte de áreas diferentes da Física com a intenção de dar uma noção prévia e ampla para os alunos em formação. Além disso, também tivemos a preocupação de escolher temas que permitissem abordar assuntos sob uma perspectiva interdisciplinar, de acordo com o que apontamos no capítulo 3.

Decidimos desmembrar os conceitos em três módulos: Física I (Mecânica), II (Física Ondulatória) e III (Eletricidade). Em Física I, escolhemos o tópico de **Pressão**; em Física II, **Radiação Infravermelha**; e, em Física III, conceitos de **Eletrostática**. Esse recorte nos pareceu adequado, tendo em vista que eles permitem, com alguma facilidade, explorar analogias com o cotidiano, fator este que foi muito solicitado nas conversas realizadas anteriormente.

Ainda que o produto educacional seja apresentado posteriormente e de forma detalhada neste capítulo, cabem aqui alguns comentários prévios a respeito de sua estrutura, em linhas gerais.

Na parte de Física I, introduzimos os conceitos iniciais de pressão, utilizando o exemplo de que pessoas que pisam num terreno gramado. Uma das pessoas está de tênis e a outra de salto alto, o que implica em que exerçam diferentes pressões sobre o solo. Posteriormente, avançamos nos conceitos de pressão hidrostática e densidade, apresentando como exemplos: o colete equilibrador utilizado pelos mergulhadores; e a densidade do Mar Morto. Com o auxílio do Princípio de Arquimedes e do conceito de densidade investigamos fisicamente o comportamento do peixe baiacu, que ao se sentir ameaçado consegue aumentar seu tamanho em até três vezes, variando sua densidade e fugindo de possíveis predadores.

Em Física II, ao abordar a radiação eletromagnética, explicamos o conceito de ondas eletromagnéticas e apresentamos exemplos relacionados à importância dos satélites de comunicação. Demonstramos a equação fundamental da onda e explicamos a importância de cada grandeza que a compõe: frequência, período e comprimento de onda. Discutimos o experimento de decomposição da luz do Sol realizado por Newton ao fazer com que a luz atravessasse um prisma e examinamos, também, a diferença de comprimentos de onda em relação às cores. Com o auxílio de uma tabela do espectro eletromagnético (veja Figura 5.1), estabelecemos a relação da frequência e do comprimento de onda e encerramos com informações do INCA (Instituto Nacional do Câncer) sobre a taxa de pessoas com câncer de pele devido aos raios ultravioleta UVA e UVB.

Cores do espectro visível		
Cor	Comprimento de onda	Frequência
Vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
Laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
Amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
Verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
Ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
Azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
Violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

Figura 5.1 – Relação de cores, frequência e comprimento de onda do espectro visível.
(Fonte: <http://nomundocurioso.blogspot.com/2010/02/o-que-sao-realmente-as-cores-cor-e-um.html>)

Na parte de Física III, ao trabalhar a eletrostática, estudamos conceitos associados e investimos em aproximações interdisciplinares. Os conceitos de cargas elétricas e suas unidades foram introduzidos, pois a partir deles podemos estabelecer quando um corpo é neutro e quando é carregado positiva ou negativamente. Discutimos o conceito de força elétrica, seus tipos – atração e repulsão – e as situações em que se manifestam. Mostramos o que é um dipolo elétrico, tendo como exemplo inicial a molécula de água e mostrando o porquê de termos em uma nuvem carregada ou uma *ruptura de dielétrico*, mais conhecida como raio. Mencionamos os processos de eletrização, seus tipos e exemplos e finalizamos destacando o funcionamento de um eletroscópio de folhas, que pode ser feito em sala de aula.

Todas as abordagens foram feitas com o emprego de linguagem de fácil compreensão, sem que haja, contudo, perda de rigor. A simplificação da linguagem tem uma razão bem específica: facilitar a compreensão das pessoas que acessarem o site – alunos e professores – com o auxílio de ilustrações e exemplos do cotidiano, de acordo com o que nos foi solicitado pelos professores em sua formação inicial.

5.2 – Estrutura do site

O site está disponibilizado na Internet no endereço <https://sites.google.com/view/fisicaparaoensinodeciencias/p%C3%A1gina-inicial?authuser=0>

O nome do site é Física para o Ensino de Ciências e sua página inicial se encontra representada na Figura 5.2:



Figura 5.2 – Página Inicial do site Física para o Ensino de Ciências

Nossa preocupação era de que o site deveria ter um conteúdo apropriado para melhor atender aos alunos em formação e os professores em geral. Também consideramos que poderíamos apresentar temas diversificados, para enriquecer o site e contribuir com o nível de conhecimento dos visitantes. Assim, na página inicial do site podemos visualizar que, além da aba de conteúdos, temos as abas de **Vídeos**, **Curiosidades** e **Fato ou Fake na Física**.

Mostraremos a seguir a composição de cada segmento do site.

Ao entrar na aba de conteúdos (Figura 5.3), o usuário se depara com três subdivisões.



Figura 5.3 – Página de Conteúdos do site Física para o Ensino de Ciências.

Separadas em ordem alfabética, se encontra inicialmente a parte de **Eletrostática**, seguida de **Pressão** e, ao final, **Radiação Infravermelha**.

Abaixo mostraremos a foto de capa utilizada em cada subdivisão da aba de Conteúdos.



Figura 5.4 – Página inicial de Eletrostática (parte de conteúdos).



Figura 5.5 – Página inicial de Pressão (parte de conteúdos).
(Fonte: <https://pontobiologia.com.br/como-baiacu-incha/>)



Figura 5.6 – Página inicial de Radiação Eletromagnética (parte de conteúdos).

A próxima aba que mostraremos será a aba de **Vídeos** (Figura 5.7). Ela contém vídeos que complementam os conceitos apresentados na aba de conteúdos. Por este motivo, ela também é subdividida em três partes, que são equivalentes às abas de conteúdos.

A decisão de utilizarmos vídeos em nosso produto se deve ao fato de que eles vêm se mostrando uma importante ferramenta de divulgação científica, bem como de aprofundamento conceitual.



Figura 5.7 – Página inicial da aba de Vídeos.

Na parte de Eletrostática temos três vídeos com situações do cotidiano. No primeiro vídeo, uma criança desce em um escorregador e ao chegar à parte inferior seu cabelo está completamente arrepiado, como podemos visualizar no link <https://www.youtube.com/watch?v=UcrlSm7e1hA&feature=youtu.be>¹⁶, ou na Figura 5.8:



Figura 5.8 – Repulsão elétrica

Os outros dois vídeos foram produzidos pelos alunos da disciplina de FEC. Vale ressaltar que os vídeos, assim como os trabalhos dos alunos de FEC, foram supervisionados pela autora deste trabalho e que todos os vídeos foram utilizados com a concordância dos autores, mediante instrumento formal. Um dos vídeos mostra um filete de água caindo da torneira e sendo entortado pela aproximação de uma bexiga eletrizada, conforme a Figura 5.9:



Figura 5.9 – Atração elétrica
(Fonte: Alunos de FEC.)

¹⁶ Esse link foi gerado pela autora, uma vez que o vídeo está divulgado em muitos canais e, portanto, não há como identificar a autoria do mesmo.

Outro vídeo mostra uma teia de aranha sendo atraída por uma caneta eletrizada por contato (veja Figura 5.10), de modo análogo ao que ocorre entre um inseto e a teia:

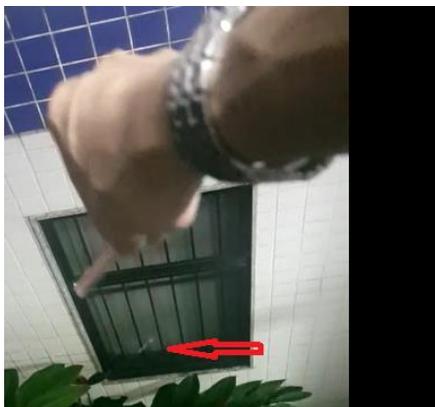


Figura 5.10– Atração elétrica
(Fonte: Alunos de FEC)

Fica claro com a observação da Figura 5.10 de que há aspectos interdisciplinares que podem ser explorados a partir de mecanismos de captura de presas pelas aranhas.

Na parte de Pressão, mostramos primeiramente em um vídeo a reação do baiacu ao se sentir ameaçado. O peixe que inicialmente nadava normalmente, ao se sentir ameaçado. Ele infla e aumenta seu tamanho em até três vezes para se defender e afastar o predador. Podemos visualizar o vídeo correspondente no link <https://www.youtube.com/watch?v=h7MHRr9b7kU>¹⁷ ou sua representação na Figura 5.11:



Figura 5.11 – Baiacu inflando.
(Fonte: autor desconhecido)

¹⁷ Esse vídeo se encontra num canal que reúne diversos vídeos do YouTube, de modo que não foi possível identificar sua autoria.

Mais uma vez, há a possibilidade de que aproximações interdisciplinares entre Física e Biologia sejam exploradas em virtude do comportamento do baiaçu.

O segundo vídeo, também produzido pelos alunos de FEC, mostra de uma forma bem humorada a relação de pressão e área de contato quando temos um prego e uma cadeira na qual estão presos vários pregos (veja Figura 5.12).



Figura 5.12 – Cadeira de pregos.
(Fonte: Alunos de FEC)

Na parte de Radiação Eletromagnética, utilizamos um vídeo de um grupo dos alunos de FEC da turma de 2019.2. Nesse vídeo, os alunos simularam o efeito estufa em três situações diferentes: utilizaram três caixas de sapato forradas com papel alumínio e colocaram um copo com água dentro de cada uma delas (veja Figura 5.13):



Figura 5.13 – Caixas forradas.
(Fonte: Alunos de FEC)

A primeira caixa foi coberta com plástico transparente, a segunda foi coberta com plástico preto e a terceira caixa não foi coberta, conforme a Figura 5.14:



Figura 5.14 – Caixas sendo cobertas.
(Fonte: Alunos de FEC)

Posteriormente a temperatura foi verificada através de um termômetro digital e o resultado está apresentado na Figura 5.15:

Resultados do experimento:	
Temp. água (plástico transparente):	33,4°C
Temp. água (plástico escuro):	33,0°C
Temp. água (sem plástico):	30,1°C

Figura 5.15 – Tabela com os resultados
(Fonte: Alunos de FEC)

A próxima aba que vamos comentar é a de **Curiosidades**. Nessa aba contamos fatos interessantes que aconteceram na história da Física, com o objetivo de aguçar a curiosidade dos usuários.

Nosso objetivo com a inclusão dessa aba é utilizar a história da Física como uma estratégia para estimular a busca pelo conhecimento de uma forma lúdica e despertar no público, em geral, a noção de que a ciência é uma construção humana conjunta, com episódios de sucessos e fracassos.



Figura 5.16 – Página inicial da aba de Curiosidades (foto do muro do CBPF¹⁸).
(Fonte: Alunos de FEC)

¹⁸ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, localizado na cidade do Rio de Janeiro.

Abordamos nesse espaço a morte de Pierre Currie e exploramos o incidente ocorrido com o telescópio espacial Hubble (HST) quando o mesmo apresentou aberração esférica:



Figura 5.17 – Imagem da galáxia com a aberração esférica e após a correção ótica do HST.
(Fonte: Jornal O Globo)

Para finalizar, temos a aba de **Fato ou Fake na Física** como uma parte bônus do site.

O objetivo com a inclusão dessa seção é fazer o seguinte questionamento: Será que determinadas informações são realmente verdadeiras? Afinal, numa sociedade na qual a quantidade de notícias falsas veiculadas pela mídia é enorme, esse questionamento se justifica.

Reduzindo esse questionamento ao contexto do nosso trabalho, nessa seção esclarecemos se algumas situações são ocorrências verdadeiras ou não.



Figura 5.18 – Página inicial da aba Fato ou Fake.
(Fonte: Alunos de FEC)

Nesse sentido, seguem alguns exemplos: Será que a maçã realmente caiu na cabeça de Newton? Será que os pássaros voam em V para aproveitar o “vácuo” gerado pelo pássaro à sua frente? Essas questões são esclarecidas nessa parte do site.

Buscando valorizar uma abordagem lúdica, esses pontos são abordados com bom humor e evocamos estudos realizados e que foram divulgados por fontes confiáveis, garantindo a credibilidade das informações. As fontes de onde todas as informações e imagens do site foram retiradas estão sempre no final de cada página do site.

5.3 – Pré-Teste e Ajustes Finais

Com a intenção de avaliar a funcionalidade do site, foram elaborados questionários para que fossem respondidos por alunos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas e afins. Em virtude da repercussão positiva após os seminários dos alunos da turma de 2019.2 de FEC, resolvemos realizar o que chamaremos aqui de “pré-teste” da aplicação do produto.

No dia 26 de novembro de 2019, como uma das etapas avaliativas da disciplina em questão, foi montado um questionário com perguntas que envolviam temas gerais e que deveriam ser respondidas pelos alunos.

Na ocasião, os procedimentos foram os seguintes: os alunos receberam o questionário e à medida que terminavam de responder as perguntas, devolveram a folha com as respostas. Em seguida, receberam o conteúdo presente no site em formato impresso na forma de apostila. Após terem recebido essa apostila, eles tiveram acesso a outro questionário com perguntas mais elaboradas. Para ilustrar o aprofundamento das perguntas, apresentamos abaixo as duas versões referentes a uma questão de Eletrostática:

1ª versão:

– Comente a seguinte afirmação: “A polinização é um evento apenas biológico e não envolve propriedades elásticas, elétricas ou de viscosidade.”

2ª versão:

– A polinização depende da atração do agente polinizador. Essa atração pode ocorrer, mediante as cores das flores ou mesmo por emissão de radiação ultravioleta por parte delas, como ocorre no caso das abelhas. De que modo a eletrostática pode desempenhar papel relevante durante os processos de polinização?

Antes dos alunos terem acesso à segunda versão das perguntas, eles receberam a “apostila” e tiveram a oportunidade de consultá-la para, então, responder novamente com o auxílio desse material complementar. Durante o processo de elaboração das respostas, os participantes permaneceram com o material sob seu poder.



Figura 5.19 – Alunos da turma de FEC de 2019.2 realizando o pré-teste do conteúdo do site.
(Fonte: A autora.)



Figura 5.20 – Alunos da turma de FEC de 2019.2 realizando o pré-teste do conteúdo do site.
(Fonte: A autora.)

A finalidade desse teste era verificar alguma possível falha e se haveria necessidade de fazer ajustes finais no conteúdo do site, além de verificar se realmente existiam indicações de um feedback positivo a partir do acesso ao material do site. Afinal, após três dias seria realizada a aplicação definitiva do produto educacional e que essa oportunidade serviria como coleta de dados para análise posterior.

Após esses esclarecimentos a respeito do processo que chamamos de pré-teste, passemos à descrição da aplicação final do produto e da avaliação dos resultados.

5.4 – O Instrumento de Avaliação

O instrumento de avaliação utilizado para obtermos o feedback a respeito do site foi um questionário no formato de formulário Google. O público alvo participante foram os alunos de duas outras disciplinas da UNIRIO: Complementos de Física (Licenciaturas) e Física Aplicada (Bacharelado). Voltamos a lembrar que a inclusão de alunos do bacharelado como sujeitos participantes da aplicação do produto, deve-se ao fato de que, em muitos casos, esses alunos complementem a graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, passando a ter habilitação para lecionar a disciplina de Ciências no EF e Biologia no EM.

No início do questionário, o aluno deveria criar um código composto de um algarismo de 0 a 9 e depois quatro letras diferentes, sem serem seqüenciais e nem repetidas. Havia necessidade de que esses códigos fossem gerados para que, primeiramente, o aluno não fosse identificado e se sentisse mais liberdade de escrever suas respostas sem receio de errar e ser avaliado de alguma forma. É conveniente destacar que essa atividade não se configurava como avaliação das disciplinas. O outro fator para a utilização do código é que ele permitiria comparar as respostas antes e depois da aplicação do site.

Depois de criar o código, o aluno deveria informar seu sexo, idade e curso apenas para efeitos estatísticos, caso se mostrasse conveniente.

A seguir apresentamos a imagem da parte inicial do questionário (Formulário 1) que foi utilizado para obter as informações dos alunos para análise de dados posterior. Os modelos completos dos questionários (Formulários) se encontram no apêndice B.

Formulário 1

Avaliação Pré

Qual o seu código? (ELE DEVE SER MEMORIZADO PARA SER UTILIZADO NO FORMULÁRIO 2)-(Inicie com um algarismo de 0 a 9 e depois escreva 4 letras diferentes e sem serem sequenciais) Ex: 8EJSI

Qual o seu sexo e idade?

Qual o seu curso?

De acordo com o seu entendimento, descreva fisicamente para os vídeos correspondentes, por que: a) o cabelo da criança fica arrepiado; b) o filete de água muda de posição; c) as pessoas não se machucam ao sentarem na cadeira de pregos.

Quais as diferenças entre radiação ultravioleta, infravermelha e ultrassom?

Figura 5.21 – Modelo de formulário Google utilizado para obtenção de dados dos alunos de Física Aplicada e Complementos de Física.

As demais perguntas que constavam no questionário eram relacionadas à Física do cotidiano e ao conhecimento prévio do aluno sobre alguns temas. Naturalmente, os temas abordados nos questionários eram compatíveis com os temas propostos no site.

5.5 – A aplicação do produto

Na sexta feira, dia 29 de novembro de 2019, no horário das aulas de Complementos de Física e Física Aplicada, os alunos foram levados até os laboratórios de Informática da UNIRIO para que o produto educacional fosse aplicado. Os professores das turmas liberaram os alunos para que eles participassem da atividade.

Explicamos previamente aos alunos, antes de retirá-los de suas salas de aula qual o motivo da interrupção de suas aulas para levá-los ao laboratório. Acomodamos cada aluno em um computador e pedimos que eles não fizessem buscas na internet, uma vez que isso mascararia o resultado final da aplicação do produto educacional. A estratégia para evitar eventuais consultas foi que tivéssemos dois professores em cada um dos laboratórios, convenientemente

posicionados, de modo que podemos garantir que nenhuma consulta à Internet foi realizada.

A logística para que tudo ocorresse da melhor maneira tinha três etapas. A primeira delas era a de certificar que todos os alunos faziam parte do grupo do Facebook da disciplina, pois através dessa rede social passaríamos informações para os alunos das disciplinas. Os alunos que não utilizavam o Facebook disponibilizavam seus e-mails e as informações lhes eram transmitidas através deles.

A segunda etapa era disponibilizar no grupo do Facebook e nos e-mails, o link do questionário 1 e **apenas** os vídeos que fazem parte do site, pois algumas perguntas estavam relacionadas aos vídeos. Feito isso, os alunos responderiam os primeiros questionários e os enviariam eletronicamente para análise posterior a ser realizada por nós.

A terceira etapa consistia em disponibilizar os links do questionário 2 e do site simultaneamente. Os alunos teriam cerca de 1,5 h para explorar o site da melhor maneira, ler os conteúdos, curiosidades, seção Fato ou Fake, assistir novamente os vídeos e, finalmente, responder o questionário 2.

Nesse segundo questionário, os alunos deveriam colocar o mesmo código utilizado no primeiro questionário para que fizéssemos a comparação das respostas antes e depois do acesso do aluno ao site. Nesse questionário, poucas perguntas eram iguais, a maioria eram similares às perguntas do questionário 1, porém eram perguntas mais elaboradas, com um maior grau de complexidade, o que exigia mais conhecimento por parte do aluno.

Além dessas perguntas, o aluno podia dar sua avaliação a respeito do conteúdo do site, dizer a parte que mais o auxiliou nas respostas, sugerir melhorias para o site, assim como opinar sobre as abas de Curiosidades e Fato ou Fake.



Figura 5.22 – Alunos de Física Aplicada e Complementos de Física no laboratório de Informática da UNIRIO para a aplicação do site.



Figura 5.23 – Alunos de Física Aplicada e Complementos de Física no laboratório de Informática da UNIRIO para a aplicação do site.

Os resultados obtidos através dos questionários aplicados nas turmas de Física Aplicada e Complementos de Física serão analisados no capítulo 6. Porém, podemos adiantar que o produto educacional teve boa aceitação e eficácia, pois após a aplicação, conversamos com alguns dos alunos participantes o que nos permitiu antecipar essa conclusão. Naturalmente, também foram apontadas sugestões de formatação do site e inclusão de jogos, por exemplo.

No próximo capítulo apresentaremos os resultados obtidos após a análise das respostas dos questionários, antes e após a utilização do site como produto educacional.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS: ANÁLISE E DISCUSSÃO

Introdução

Neste capítulo, vamos apresentar a análise dos resultados obtidos após a aplicação do produto. Consideramos que a análise que desenvolvemos, foi uma ferramenta adequada para avaliar nosso produto educacional.

Finalmente, considerando que, tão importante quanto analisar os resultados das respostas dos alunos, seria conhecer a opinião dos mesmos suas sugestões e críticas. Assim, terminamos este capítulo com os comentários dos alunos a respeito da experiência pela qual passaram ao colaborarem com esse trabalho. Em nossa concepção, nada melhor do que ter uma avaliação feita pelos nossos protagonistas para que melhorias de estrutura e conteúdo sejam efetuadas.

6.1 – Apresentação dos resultados

A seguir, os resultados obtidos serão indicados tendo como base a resposta esperada para cada pergunta¹⁹. Vale ressaltar que palavras-chave foram utilizadas como critério para classificarmos a qualidade das respostas.

Como, em geral, há diferenças entre as perguntas dos formulários 1 e 2, em vários casos serão apresentadas duas respostas esperadas.

Com o objetivo de facilitar a análise dos resultados, apresentaremos os gráficos²⁰ e tabelas que foram construídos, mediante a utilização dos conceitos MB (muito boa), B (boa), R (regular) e E (errada) para as respostas dos alunos.

Nos gráficos, associamos esses conceitos a cores, conforme a legenda abaixo:

¹⁹ Essa resposta esperada é a que deveria ser produzida pelos estudantes, em virtude do conhecimento adquirido ao longo de uma formação acadêmica de bom nível de aprofundamento.

²⁰ Os nomes dos gráficos são meramente ilustrativos e foram utilizados pra facilitação da leitura.

- Errada (E) – cor vermelha
- Regular (R) – cor amarela
- Boa (B) – cor azul
- Muito Boa (MB) – cor verde

QUESTÃO 1

Formulário 1 e 2 – De acordo com seu entendimento, descreva fisicamente para os vídeos correspondentes por que: a) o cabelo da criança fica arrepiado; b) o filete de água muda de posição; c) as pessoas não se machucam ao sentarem na cadeira de pregos.

Em relação a essa primeira questão, esclarecemos que ela é idêntica nos dois formulários.

Respostas esperadas válidas para os dois formulários:

- Por causa da repulsão eletrostática gerada pelo atrito;**
- Por causa da atração elétrica via indução;**
- O peso da pessoa é distribuído pela soma das áreas dos pregos.**

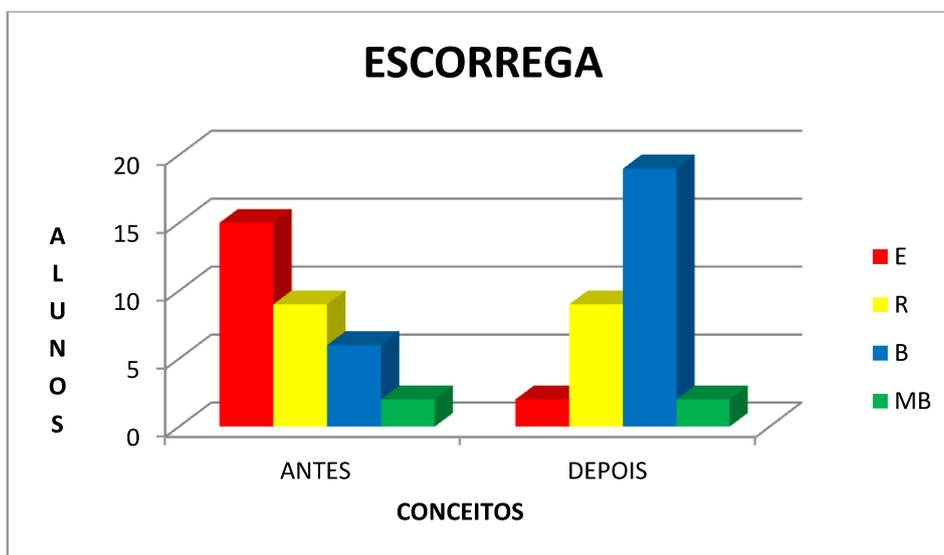


Gráfico 1a - Resultado das respostas do item "a" antes e depois do acesso ao site

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	XXX	Aumento	XXX
Porcentagem	86,67%	0%	216,67%	0%

Tabela do gráfico 1a

Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois, apesar do número de respostas com conceito **R** e **MB** ter se mantido inalterado, houve redução das questões com conceito **E** e um correspondente aumento das respostas com conceito **B**.

Uma justificativa para a melhora no quantitativo de conceitos B e na redução de conceitos E pode estar relacionada ao conteúdo do site, uma vez que além da explicação teórica dos processos de eletrização, são apresentadas Figuras ilustrativas e exemplos do cotidiano. Afinal, ainda que a resposta não seja encontrada diretamente no site, são descritos os processos de eletrização: atrito, contato e indução, de modo eles foram capazes de identificar as diferenças entre esses processos.

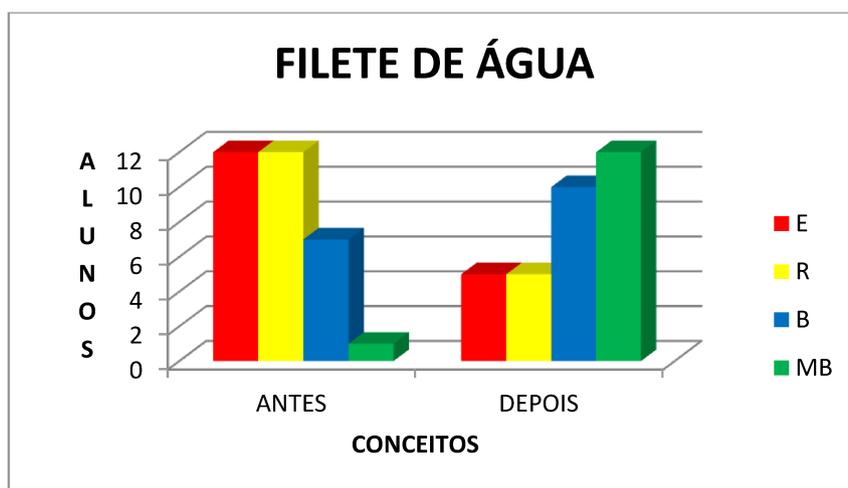


Gráfico 1b - Resultado das respostas do item "b" antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	Redução	Aumento	Aumento
Porcentagem	58,34%	58,34%	42,86%	1100%

Tabela do gráfico 1b

A melhoria dos resultados acompanha a análise da questão anterior, de modo que estão de acordo com o esperado, afinal, a quantidade de respostas com conceito **E** e **R** se reduziu, enquanto que as respostas apresentaram mudança significativa, em especial o conceito **MB**.

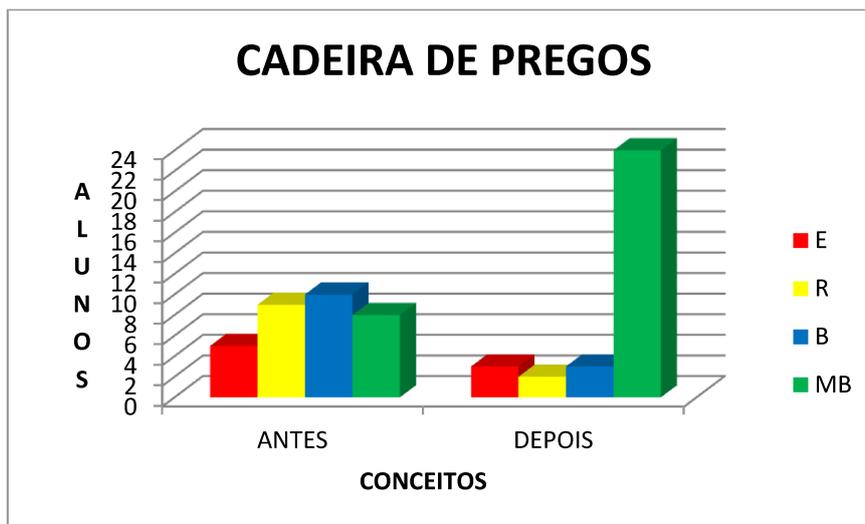


Gráfico 1c - Resultado das respostas do item "c" antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	Redução	Redução	Aumento
Porcentagem	40%	77,78%	70%	200%

Tabela do gráfico 1c

Os resultados obtidos são compatíveis com o que esperávamos, pois a questão envolve o conceito de pressão e o relaciona com força e área. Uma vez que a definição de pressão apresentada no site explicita que a pressão é inversamente proporcional à área de contato, acreditamos que esse conteúdo deve ter influenciado diretamente na qualidade das respostas dos alunos participantes. Houve redução dos conceitos **E** e **R** e um aumento significativo das questões com conceito **MB** após o acesso dos estudantes ao site.

Dentre os questionários, uma das respostas para a questão 1 evidencia uma evolução considerável na compreensão de um dos alunos participantes antes e após o acesso ao site. O estudante escreveu para o item c:

Formulário 1 →

c) "A maior quantidade de pregos na cadeira aumenta a superfície de contato, reduzindo a pressão, que é inversamente proporcional à força exercida na superfície."

Formulário 2 →

c) "A pressão que é exercida em um corpo é igual a força que ele exerce, mas inversamente proporcional à superfície de contato (área). Em um assento com vários pregos dispostos, aumenta-se a área da superfície, reduzindo a pressão que será aplicada sobre o corpo."

Apesar de algumas imprecisões, nota-se claramente que o participante apresentou importante evolução na sua forma de tratar a questão, pois corrigiu a dependência funcional entre pressão e força exercida sobre uma área.

QUESTÃO 2

Formulário 1 – Quais as diferenças entre a radiação ultravioleta, infravermelha e ultrassom?

Formulário 2 – O ultrassom é uma onda que se propaga, mediante zonas de compressão e rarefação de grupos de moléculas. Explique as diferenças entre a radiação infravermelha, ultravioleta e ultrassom.

Resposta esperada:

As radiações ultravioleta e infravermelha são ondas eletromagnéticas e possuem frequências e comprimento de ondas diferentes. Já o ultrassom, difere das demais principalmente por ser uma onda mecânica.

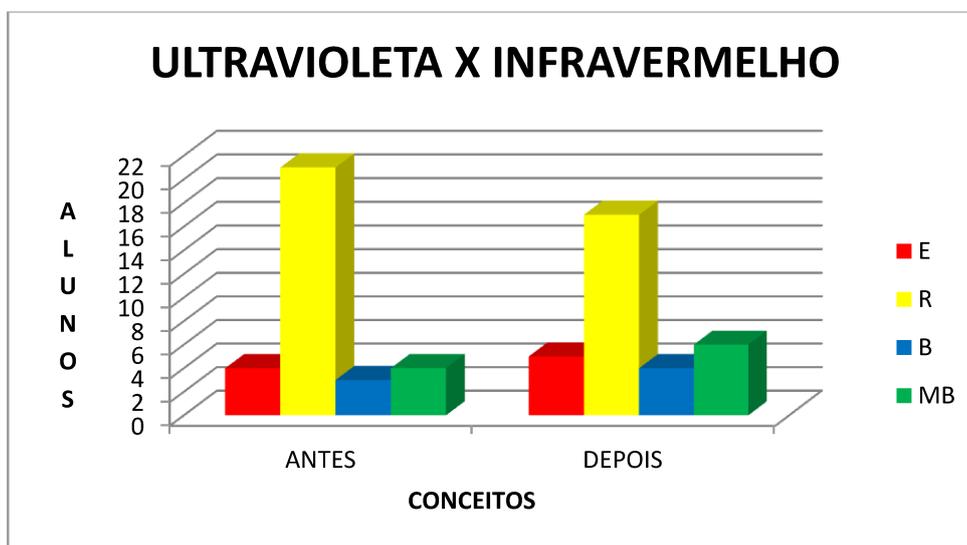


Gráfico 2a - Resultado das respostas que relacionam as radiações ultravioleta e infravermelha antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Aumento	Redução	Aumento	Aumento
Porcentagem	25%	19,05%	33,34%	50%

Tabela do gráfico 2a

Não houve alteração relevante entre as respostas nos dois questionários.

O comentário de um dos alunos nos pareceu esclarecedor, pois segundo ele, *“Ultrassom não foi indicado no site”*.

Note-se que essa omissão foi intencional, pois ao omitir a classificação das ondas mecânicas, tínhamos como objetivo investigar se poderiam existir lacunas no conhecimento prévio do aluno. A dificuldade do aluno quanto à classificação da onda mecânica e sua diferença em relação às ondas eletromagnéticas corroboram com nossa suposição, ou seja, fica claro que como o termo “ultrassom” não foi encontrado explicitamente nos conteúdos do site, o estudante teve dificuldades em responder corretamente a questão, não sendo capaz de, sequer, diferenciá-lo das ondas eletromagnéticas.

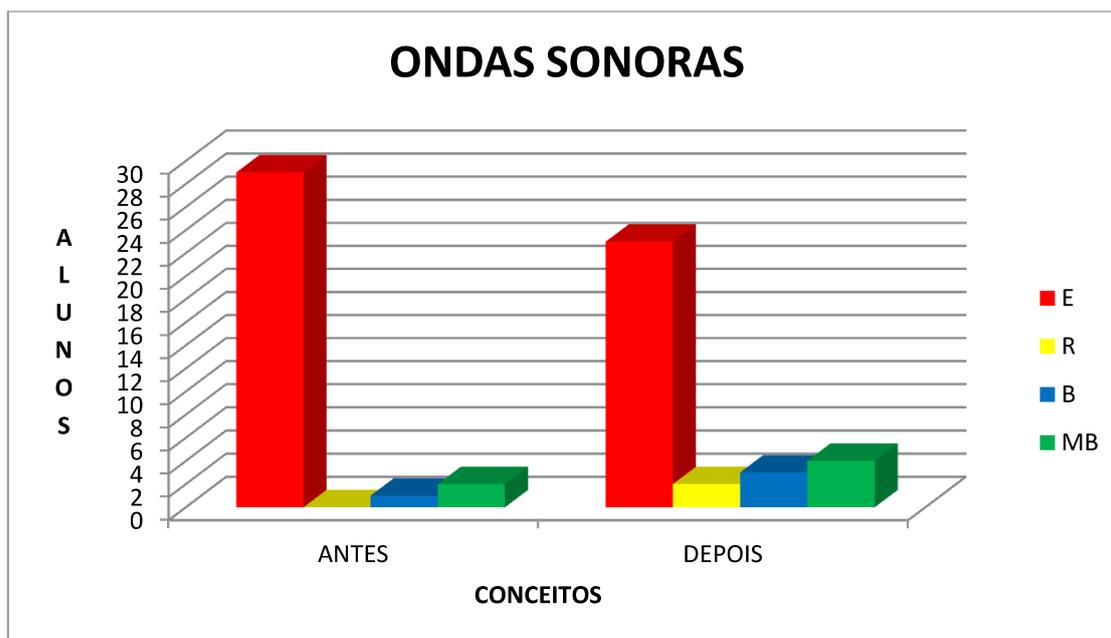


Gráfico 2b - Resultados das respostas sobre ultrassom antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	Aumento	Aumento	Aumento
Porcentagem	20,69%	200%	200%	100%

Tabela do gráfico 2b

Não houve alteração digna de destaque entre as respostas dos dois formulários.

QUESTÃO 3

Formulário 1 – Como você definiria pressão atmosférica?

Resposta esperada:

É a pressão exercida pela atmosfera sobre os corpos.

Formulário 2 – Diariamente nos confrontamos com situações em que não percebemos a importância dos conceitos físicos, como, por exemplo, quando tomamos refrigerante com um “canudinho”. Use o conceito de pressão atmosférica para explicar porque o refrigerante sobe no canudo.

Resposta esperada:

Ao sugarmos o ar que se encontra na parte do canudinho próxima à boca, reduzimos a pressão nessa região, de modo que a pressão atmosférica empurra o refrigerante para cima.

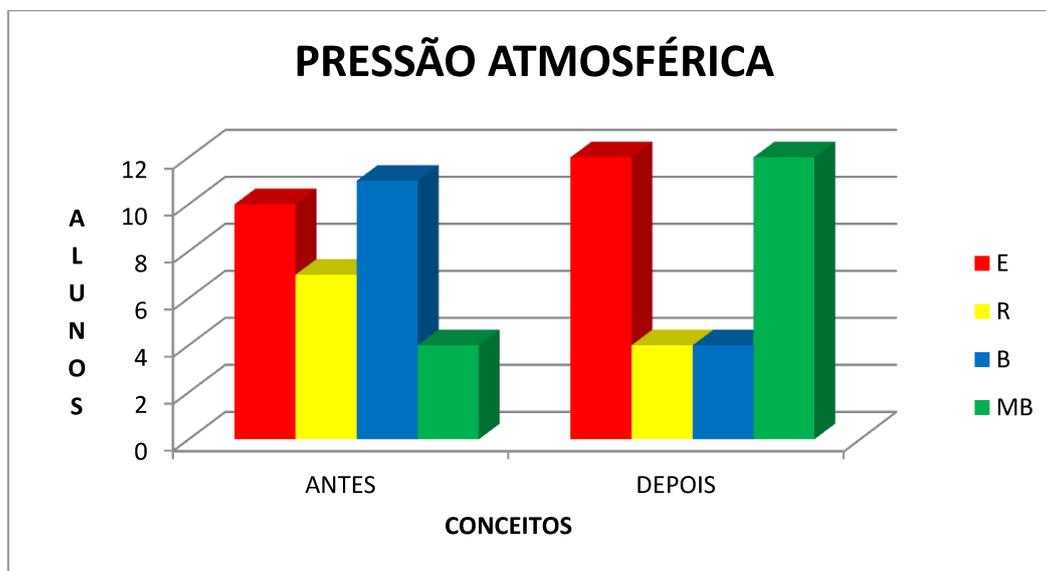


Gráfico 3 - Resultado das respostas da questão 3 antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Aumento	Redução	Redução	Aumento
Porcentagem	20%	42,86%	63,64%	200%

Tabela do gráfico 3

O resultado obtido para o conceito **E** não é satisfatório, uma vez que após a consulta ao site houve aumento em seu percentual. Entretanto, houve um aumento considerável das questões com conceito **MB** e talvez isso compense a redução no quantitativo de questões com conceitos **R** e **B**.

Cabe destacar que podemos levar em consideração o fato da pergunta ser completamente diferente nos formulários 1 e 2. Também é relevante o fato de que no site não se menciona nada que guarde alguma similaridade com a pergunta feita no formulário 2, omissão que foi certamente intencional.

Assim, apesar de não haver menção explícita à situação apresentada no site, nos parece que os conteúdos permitiram aprofundar a compreensão dos estudantes a respeito do tema, o que parece ter se refletido nos resultados com conceito MB.

QUESTÃO 4

Formulário 1 – O baiacu é capaz de engolir água e alterar o seu volume. Explique como é possível que ele se mantenha parado mesmo após ter dobrado o seu volume.

Resposta esperada:

A tendência é que afunde por causa do aumento de peso, porém o volume aumenta e também aumenta o empuxo, equilibrando o seu peso.

Formulário 2 – A bexiga natatória é um mecanismo eficaz para que um peixe possa modificar a sua densidade. Admita que um peixe encontra-se inicialmente em repouso no fundo de um lago e que, em função da utilização conveniente de sua bexiga natatória, seu volume aumenta em 10% e ele começa a subir verticalmente em direção à superfície. Explique fisicamente por que ocorre esse movimento ascendente.

Resposta esperada:

Quando o volume aumenta o empuxo também aumenta. Se o aumento do peso não for suficiente para contrabalançar o aumento do empuxo, ele subirá.

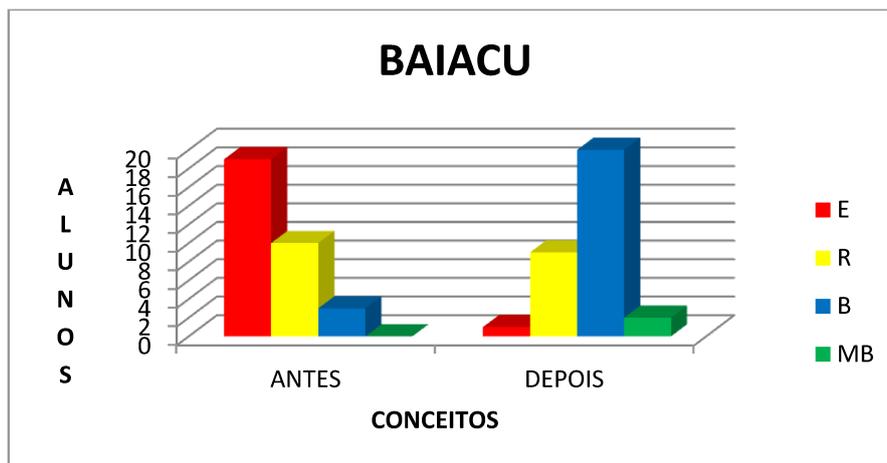


Gráfico 4 - Resultado das respostas referentes à questão 4 antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	Redução	Aumento	Aumento
Porcentagem	94,74%	10%	566,67%	200%

Tabela do gráfico 4

Nas respostas da questão 4, uma delas chamou nossa atenção, pois um aluno respondeu no formulário 1: *“Não sei, mas gostaria de saber.”*

No entanto, no formulário 2, a resposta do mesmo aluno foi:

“Esse fenômeno ocorre em razão da alteração na densidade do peixe que, ao inflar sua bexiga natatória de ar, aumenta seu volume sem aumentar a massa propriamente dita. Dessa forma, a densidade do peixe diminui com relação à água, promovendo o movimento vertical.”

Portanto, a evolução do aluno foi considerável após acessar o site. Vale ressaltar que no site explicamos o que é a pressão hidrostática, os conceitos de densidade e do Princípio de Arquimedes (Empuxo), utilizando exemplos do cotidiano. Dentre os exemplos mencionados, o baiacu foi citado. Além disso, na sessão de vídeos, colocamos o vídeo que mostra a reação do baiacu quando se sente ameaçado.

Esses fatores podem ter contribuído para um melhor resultado nas respostas dos alunos, o que fica claro na análise dos dados obtidos com a redução acentuada do conceito E e a transferência das respostas correspondentes para os conceitos B e MB, conforme expresso no Gráfico 4.

QUESTÃO 5

Formulário 1 – De que modo a eletrostática pode desempenhar papel relevante durante os processos de polinização?

Formulário 2 – Após ter lido o conteúdo do site, de que modo você poderia explicar qual o papel desempenhado pela eletrostática durante os processos de polinização?

Resposta esperada:

Em virtude da eletrização por atrito das asas dos insetos com o ar, haverá atração entre as “partículas” de pólen e suas asas e pelos.

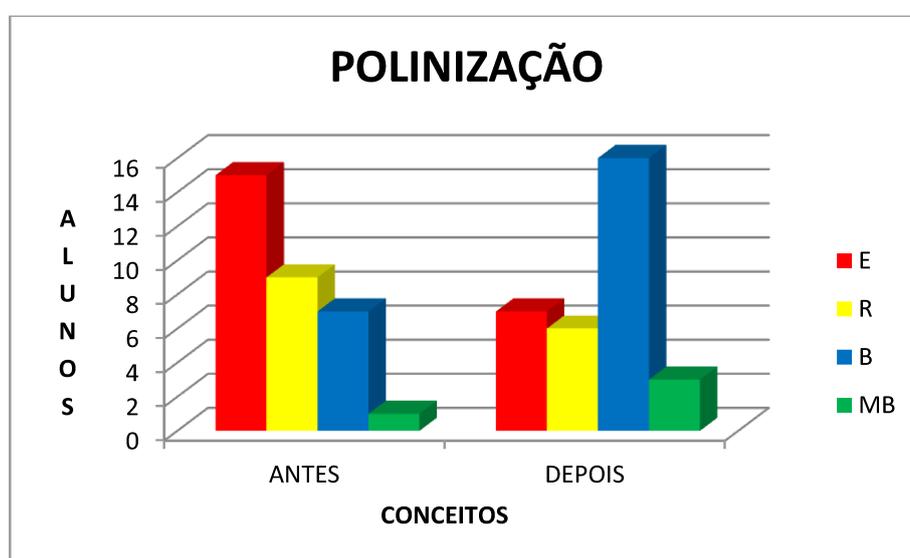


Gráfico 5 - Resultado das respostas da questão 5 antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	Redução	Aumento	Aumento
Porcentagem	53,34%	33,34%	128,57%	200%

Tabela do gráfico 5

O resultado obtido foi satisfatório, uma vez que houve redução das respostas com conceitos **E** e **R**, simultaneamente houve aumento no quantitativo das respostas com conceitos **B** e **MB**.

De forma similar a situações anteriores, intencionalmente, não é tratado diretamente no site o assunto relativo à polinização em seus exemplos. Assim,

é necessário que o aluno entenda o processo da polinização a partir da compreensão dos processos de eletrização.

O aluno que destacamos para essa questão teve o conceito E nessa questão no formulário 1, já no formulário 2 esse conceito foi para MB. Abaixo estão as respostas do aluno em questão em ambos os formulários:

Formulário 1 → “Não lembro.”

Formulário 2 → “Mudança de cargas, atração de cargas opostas. A abelha está carregada eletricamente por conta do atrito ao longo da trajetória do vôo, quando chega próxima à planta, ela atrai as cargas opostas, fazendo com que a abelha e pólen se aproximem por diferença de cargas, facilitando a polinização.”

As diferenças das respostas nos dois formulários evidenciam que o conteúdo do *site* desempenhou importante papel para a evolução do raciocínio empregado pelo estudante.

QUESTÃO 6

Formulário 1 e 2 – Comente a afirmação: “Independente do processo de eletrização, uma observação importante é que o número de prótons não se altera nos corpos, mas apenas o número de elétrons.”

Não há diferença nessa questão nos dois formulários.

Resposta esperada:

O processo de eletrização é importante apenas devido à existência ou não de contato, mas os portadores de cargas são os elétrons e apenas eles passam de um corpo para outro, pois os prótons estão localizados nos núcleos dos átomos.

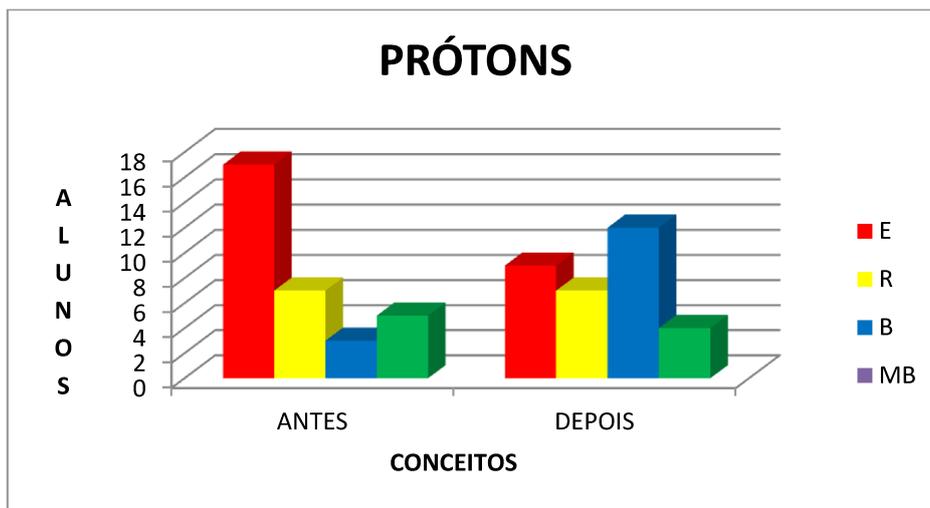


Gráfico 6 - Resultados das respostas da questão 6 antes e depois do acesso ao site.

CONCEITO	E	R	B	MB
Situação	Redução	XXX	Aumento	Redução
Porcentagem	47,06%	0%	300%	20%

Tabela do gráfico 6

Os resultados obtidos exibem uma redução das respostas com conceito **E** e um aumento no número de respostas com conceito **B**. Esses resultados sugerem que os alunos passaram a considerar que apenas os elétrons é que são trocados e que, portanto, não geram alterações no número de prótons.

A resposta que vamos destacar na questão 6 é de um aluno que obteve conceito **E** no formulário 1, pois o aluno não respondeu.

Em nossa perspectiva, como todos os estudantes terminaram de responder os formulários antes do término do tempo sugerido, descartamos a possibilidade de que a ausência de resposta se deve a esquecimento ou falta de tempo.

Ao responder o formulário 2 o seu conceito foi **MB** e exibe um nítido aprofundamento conceitual, o que pode ser verificado na sua resposta que se encontra a seguir:

Formulário 2 →

“A força necessária para alterar o número de partículas nucleares de um átomo é muito maior do que a necessária para retirar elétrons de um átomo. Então os fenômenos de eletrização são capazes apenas de modificar o número de elétrons.”

6.2 – Análises finais

Nesse tópico vamos fazer um compilado dos comentários dos alunos sobre o site. Achamos conveniente nos debruçarmos sobre a opinião deles e suas sugestões para possíveis melhorias.

Nos formulários que foram disponibilizados aos alunos após a visita ao site, apresentamos cinco perguntas para que eles expressassem suas impressões. As perguntas têm caráter subjetivo, com o intuito de deixar os participantes à vontade para criticar, elogiar e dar sua opinião em relação ao nosso trabalho.

Abaixo vamos colocar cada uma das perguntas do questionário e posteriormente fazer uma análise das respostas. Considerando que em alguns casos as respostas são muito similares, nossa análise vai se restringir aos comentários que englobam o posicionamento geral dos alunos.

Em alguns casos, os resultados foram agrupados em categorias, conforme a similaridade das respostas.

Pergunta 1 → *Qual a sua avaliação a respeito dos conteúdos do site?*

De uma forma geral, adjetivos como *bom, didático, interessante, ótimo e esclarecedores* foram empregados.

Sobre a linguagem que utilizamos no site, os comentários foram que foi utilizada uma linguagem acessível, num formato amigável e de forma didática; a clareza da linguagem facilitou a compreensão durante a leitura do site.

Destacamos a seguir, duas respostas dos formulários:

“Conteúdo muito útil e com linguagem facilitada. Essencial para quem precisa dar aula sobre assuntos que não domina.”

“É um bom instrumento de ensino dos conceitos básicos que faltam em muitos professores de ciências, por causa da formação dos profissionais (que normalmente não é de física). Acredito que com ele, de forma simples, um professor que não domina estes assuntos pode se capacitar para aplicar uma aula de ensino fundamental. Outro ponto positivo é a legitimidade da fonte, que foi gerada em meio acadêmico, mas de forma simplificada, pois existem muitos portais que têm a mesma proposta, mas estão

corrompidos por erros, que podem levar a disseminação de conteúdo básico errado para os alunos em formação.”

Os comentários evidenciam confiabilidade nas informações em virtude das fontes de onde elas foram retiradas. Além disso, a linguagem simples empregada no auxiliou na compreensão dos conceitos para quem não é da área de Física.

Em geral, as sugestões feitas estão relacionadas à necessidade de acréscimo de mais conteúdos, mais exemplos do cotidiano e exemplos com organismos vivos.

Cabe destacar que essas sugestões são compatíveis com as categorias que identificamos nas respostas dos alunos que participaram da primeira fase de estruturação do produto, conforme exposto na seção 4.2 – especificamente, categorias I e III. Assim, embora estejamos diante de grupos distintos, o segundo grupo de participantes também evoca a necessidade de que o ensino de Física seja marcado por sua contextualização junto a situações reais e que seja valorizada uma linguagem mais acessível, como sendo mais uma estratégia didática.

Pergunta 2 → *Qual a parte do site que mais o(a) auxiliou nas respostas às perguntas?*

Nessa questão, alguns alunos escolheram mais de um tópico, de modo que consideramos conveniente consolidar os dados num gráfico com os três tópicos mais comentados nas respostas dos questionários.



Gráfico 7 - Recursos Didáticos que mais auxiliaram os alunos

Além desses três tópicos principais, legendas, textos, linguagem acessível, tabelas e exemplos práticos de Biologia também se destacaram nos comentários.

Pergunta 3 → *Que sugestões você teria para melhorar a qualidade/estrutura do site?*

As respostas, em geral, foram subjetivas e em função dessa subjetividade, optamos por separá-las em blocos de respostas de acordo com sua similaridade.

O gráfico abaixo mostra algumas das melhorias mais citadas pelos estudantes participantes, sendo que as legendas correspondentes se encontram na tabela logo a seguir.

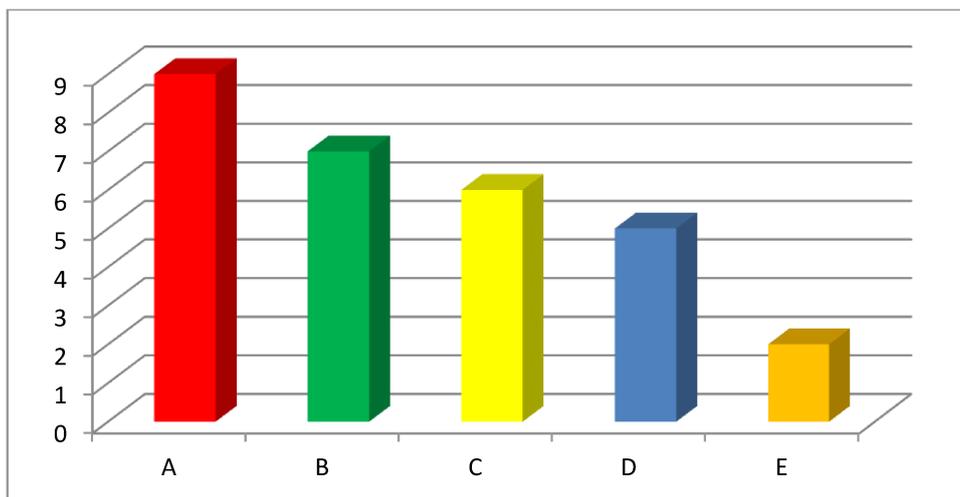


Gráfico 8 - Sugestão de melhorias que podem ser feitas no site segundo os alunos

ABREVIACÃO	LEGENDA
A	Melhorar o Layout
B	Acrescentar mais conteúdos
C	Incluir exercícios resolvidos para fixação
D	Utilizar mais vídeos, acrescentar justificativa nos vídeos e juntar vídeos com conteúdos
E	Acrescentar jogos

Embora haja solicitação para inclusão de mais vídeos e de jogos, podemos observar – de acordo com o gráfico de Recursos Didáticos, na pergunta 2 –, que o apelo visual não pareceu ser tão importante quanto à parte dos conteúdos. Acreditamos que esse fator por estar diretamente relacionado à necessidade do futuro professor de ter acesso a um conteúdo com linguagem simples e de fonte confiável para utilizar na elaboração de suas aulas.

Além dessas sugestões, uma chamou nossa atenção por nos parecer mais relevante: “*facilitar a interação e troca de experiências dos usuários do site*”. Apesar da solicitação de que fosse criada uma área onde os usuários possam trocar experiências e informações, a mediação do professor é de extrema importância, pois este pode afirmar se as interpretações dos conteúdos estão sendo feitas corretamente, auxiliando no aprendizado do

futuro professor e evitando que informações incorretas sejam divulgadas e propagadas em sala de aula ou por qualquer outro meio.

Cabe mencionar que essas críticas e sugestões são bem vindas, pois através delas encontramos uma possibilidade de aproximação entre a autora e o leitor. Através delas, melhorias e reparos do produto poderão ser realizados com embasamento vindo principalmente de quem mais importa para nós no contexto desse trabalho: o futuro professor de Ciências.

Vale ressaltar que a intenção do site é estimular a aproximação interdisciplinar entre os conceitos de Física e de Biologia, oferecendo material complementar para a abordagem feita pelo professor em sala de aula. O site foi feito inicialmente com três temas de Física, mas ao solicitarem mais conteúdos, mais vídeos, exercícios, jogos, os futuros professores parecem demonstrar interesse em continuar utilizando a ferramenta, o que consideramos ser de extrema importância para o avanço e crescimento do site como uma ferramenta pedagógica complementar.

Pergunta 4 → Qual a sua opinião sobre a aba curiosidades?

A maioria das respostas foi composta de adjetivos como *útil* ou *muito útil* e *interessante* ou *muito interessante*. As respostas foram complementadas com comentários como: *atrativa; informações de forma descontraída; amplia o conhecimento; e leitura rápida e acessível*.

Os participantes também usaram expressões que podem ser resumidas de acordo com a declaração de um dos participantes: **contextualiza com o cotidiano**.

Inicialmente, quando pensamos na aba curiosidades, pensamos em sair um pouco da parte conteudista que é abordada em sala de aula e mostrar, tanto para o professor em formação quanto para o professor em exercício, que existe Física além da sala de aula. Existem artistas que são físicos, astrofísicos ou possuem alguma profissão relacionada à Ciência e essas informações podem influenciar positivamente na relação do aluno com a Ciência.

Outro aspecto que nos parece relevante, é que a inclusão dessa aba permite que sejam exibidas algumas possibilidades de aproximação com situações reais, bem como oferecer uma maior diversificação de estratégias didáticas que podem ser incorporadas à sala de aula.²¹

Em nossa opinião, a Física é um mundo e o mundo é Física, então, nessa perspectiva, não devemos restringir algo de tamanha importância a apenas fórmulas – conforme a visão do aluno. Precisamos mostrar a grandiosidade e a utilidade da Ciência para ampliar e enriquecer a forma como as pessoas enxergam o mundo.

Pergunta 5 → Qual a sua opinião sobre a aba fato ou fake?

Além de achar útil e interessante, os alunos ressaltaram que havia preocupação em esclarecer ou até “desmistificar” informações. Para eles, *evitar a propagação de inverdades, desmentir falsas afirmações, destruir conceitos errados torna-se fundamental, principalmente para quem entra em sala de aula nos dias atuais.*

Através dessas citações podemos perceber que o futuro professor tem a preocupação de se amparar em fontes seguras e informações confiáveis que lhes permita fazer abordagens mais sólidas durante suas aulas.

Abaixo se encontra um comentário que destacamos sobre a aba fato ou fake e que está relacionado com o ensino de Ciências:

“Ela é muito boa, e acho que tem potencial para explorar muitos outros fenômenos que são mal compreendidos. Se ensinados de forma didática e acessível, pode ser uma forma divertida de a população leiga aprender melhor sobre Ciência.”

No cenário atual, nos deparamos com a disseminação de notícias falsas através, principalmente, das redes sociais. Ainda que existam ferramentas nas quais se tenta explicar e apresentar as informações corretas, estas se propagam tão rapidamente como as notícias falsas.

²¹ Essa inclusão converge para as categorias exibidas nas respostas dos sujeitos participantes da aplicação do produto, conforme apresentado na seção 4.2.

As fontes de onde as informações são retiradas são de extrema importância, pois são elas que dão a credibilidade necessária para sabermos se a notícia deve ou não ser divulgada.

No meio acadêmico não deve ser diferente. Por este motivo colocamos as fontes de onde retiramos todas as informações, para que o aluno sintasse-se seguro ao aprender e utilizar as mesmas em seu cotidiano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, o desenvolvimento do produto educacional se mostrou uma experiência bastante enriquecedora do ponto de vista de minha formação acadêmica. Acrescentou muito no meu cotidiano, pois diversas situações novas foram experimentadas e passaram a fazer parte da minha prática profissional – ainda que vivamos na atualidade num momento de pandemia, o que, em muitos casos, inviabiliza um convívio mais próximo dos estudantes.

Por outro lado, apesar desse cenário, uma vez que o produto educacional é um *site*, a partir de sua publicação e disponibilização para o público, penso que ele pode ser mais uma ferramenta útil para a facilitação do trabalho do professor em exercício, em formação e inclusive do professor universitário.

Em termos de minha formação acadêmica, as aproximações interdisciplinares, por exemplo, proporcionaram uma nova forma de compreender o papel do professor, em sua busca pela contextualização da Física, num mundo mais próximo dos estudantes e, portanto, menos abstrato. Hoje, quando dou aula de Física, faço abordagens interdisciplinares junto aos meus alunos, dando exemplos a respeito do que aprendi. Enfim, passei a considerar que a interdisciplinaridade é uma poderosa ferramenta nos processos de ensino-aprendizagem. Agora, acredito que não só os professores de Ciências sejam capazes de fazer aproximações interdisciplinares, mas nós, professores e professoras de Física, também somos. Afinal, interdisciplinaridade e multidisciplinaridade estão presentes em nosso cotidiano.

Ainda que essa ferramenta tenha-me imposto a necessidade de me afastar de minha zona de conforto – um afastamento que foi árduo nas primeiras investidas – esse afastamento se mostrou fértil. Como diz o poeta, em outras palavras: “O caminho se faz ao caminhar”; e interdisciplinaridade se constrói ao fazer.

Em termos dos resultados alcançados junto aos alunos, entendo que foram bastante promissores, pois, de acordo com nossa análise, os estudantes se manifestaram claramente de forma participativa e prazerosa, destacando a linguagem acessível e com exemplos próximos ao seu cotidiano utilizados no site.

Naturalmente, para um aluno da área de Ciências da Vida que está aprendendo Física e estuda fenômenos elétricos, por exemplo, faz muito mais sentido para ele, saber que para que ocorra a polinização das flores, o pólen deve ficar grudado nas abelhas através de um conceito da eletrostática: a eletrização por atrito. Sendo assim, ele não estará aprendendo apenas Física, mas sim a aplicação daquele conceito, na natureza que lhe é próxima.

Outro ponto marcante em minha trajetória foi aquele no qual, durante a pesquisa de campo, foi dada voz aos graduandos dos cursos de Ciências com relação às suas aflições, seus receios, anseios e também para o acolhimento de sugestões referentes à melhoria do site.

Em relação ao produto em si, ainda que na análise dos dados a evolução na maioria das respostas, após a utilização do site, tenha se mostrado bastante evidente, foi possível perceber que ainda existem lacunas.

De fato, melhorias podem ser implementadas, conforme foi colocado pelos alunos. Por exemplo, foram citadas: a inclusão de jogos; disponibilização de maior quantidade de vídeos; e, até mesmo, inclusão de exercícios de fixação. Porém, nossa ambição aqui era apontar possibilidades e explorar os efeitos gerados por um produto que visava uma complementação formativa, bem como fosse capaz de propiciar a segurança necessária aos futuros professores, no que diz respeito aos conceitos estudados durante sua formação na área de Ciências.

A partir de nosso estudo, concluímos que a forma como as disciplinas de Física são muitas vezes abordadas no Ensino Superior, em especial em cursos de Licenciatura das áreas de Ciências Biológicas e afins, não vem cumprindo o papel ao qual se propõem. É urgente que os profissionais envolvidos nessas

tarefas estejam voltados para a necessidade dos estudantes, de modo que possam contribuir para o melhor aprendizado do professor em formação.

Nesse sentido, vislumbro uma série de possibilidades. Por exemplo, não é raro que o professor em formação esteja distante da experimentação em Física. Porém, a nova tecnologia do arduino está mais presente a cada dia nas universidades. Essa pode ser uma ferramenta promissora, uma vez que o arduino possui diversos fatores que auxiliam o professor em sala de aula, principalmente com relação a sua funcionalidade, custo acessível e pelo fato de que seu código de programação é aberto. Sendo assim, futuramente o arduino pode ser apresentado não só pra professores de Física, mas também para os professores de Biologia, em formação ou em exercício, para a inserção da tecnologia em sala de aula.

Em termos de atividades interdisciplinares, diversos outros temas podem ser abordados, além dos que foram explorados nesse trabalho, como por exemplo: tubarões que se utilizam dos campos elétricos produzidos por suas presas para fins de alimentação; pássaros que se orientam pelo campo geomagnético durante a migração; localização de presas pelas cobras, em virtude de sua capacidade de detecção de radiação infravermelha, entre muitas outras possibilidades.

As fronteiras entre a Física e a Biologia são férteis em termos de possibilidades de aproximação. Precisamos inovar a forma como a abordagem dos conteúdos é feita em sala de aula. A Física e a Biologia são disciplinas muito interessantes quando estudadas separadamente, mas quando empregadas em conjunto são capazes de explicar como e o porquê da ocorrência de determinados fenômenos. Com isso, o aprendizado fica mais completo e passa a ter um sentido mais profundo para um número maior de pessoas.

As críticas construtivas foram muito importantes e bem vindas, pois elas possibilitaram a melhoria do produto, porém os elogios ressoaram como um carinho recebido após tanta luta, cansaço e esforço. O reconhecimento de um trabalho, e o efeito positivo causado por ele nos mostra como é recompensador

cada pesquisa feita, cada lágrima nos olhos, cada noite mal dormida e outras coisas que enfrentamos para a conclusão do trabalho.

Ter a consciência de que o trabalho pode contribuir para melhorar a relação de inúmeras pessoas com a Física, tornar mais eficientes os processos de ensino-aprendizagem nos dá a sensação – e até mesmo a certeza – de que a dedicação empregada foi recompensada de forma positiva.

APÊNDICE A

O produto educacional descrito no capítulo 5 é um *site*, cuja estrutura é apresentada a seguir.

Vale ressaltar que os professores devem adaptar o produto educacional à sua realidade de sala de aula e considerar a possibilidade de sua utilização para atividades à distância, inclusive introduzindo novos temas. Neste caso, há necessidade de autorização para edição.

O site é composto por abas principais: “Conteúdo”, “Vídeos”, “Curiosidades” e “Fato ou Fake na Física”.

Na página inicial se encontra um pequeno texto no qual são apresentados os objetivos do site (Figura 1). Nela também se encontram as quatro abas principais.

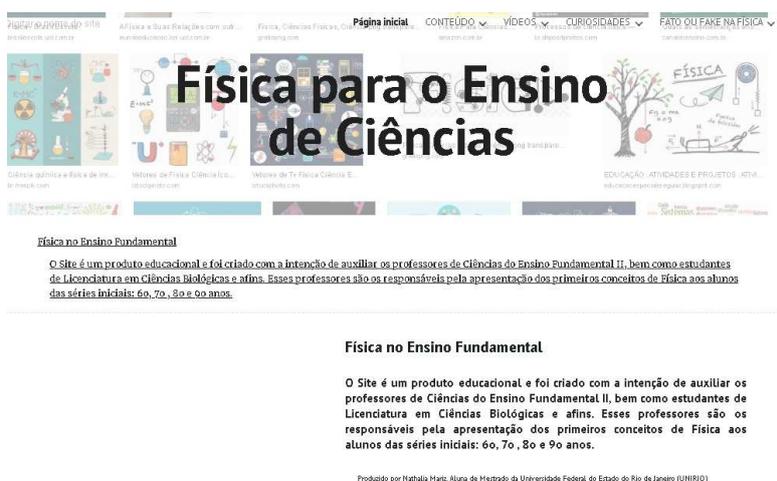


Figura 1 - Página Inicial do Produto Educacional - Site Física para o Ensino de Ciências.

Na aba de “Conteúdo”, o usuário pode acessar os temas explorados no site: Eletrostática (Figura 2), Pressão (Figura 3) e Radiação Eletromagnética (Figura 4).



Figura 2 - Página de Conteúdo - Aba Eletrostática.



Figura 3 - Página de Conteúdo - Aba Pressão



Figura 4 - Página de Conteúdo - Aba Radiação Eletromagnética

Ao entrar na aba 'Vídeos' o usuário se depara com outras três abas nas quais se encontram os vídeos associados aos temas: Eletrostática (Figura 5), Pressão (Figura 6) e Radiação Eletromagnética (Figura 7). Essas abas servem como complementação do conteúdos mencionados anteriormente.

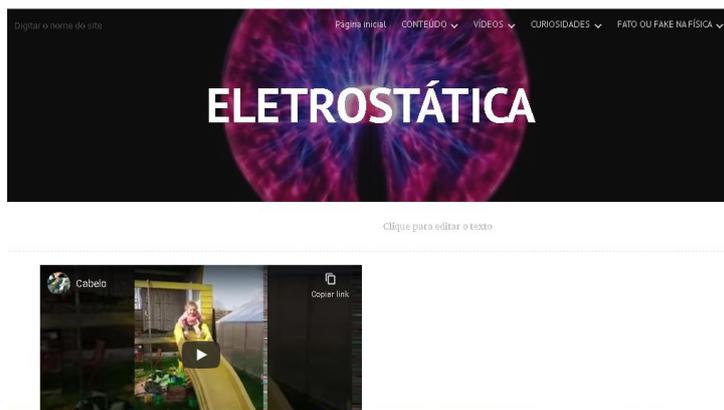


Figura 5 - Página de Vídeos - Aba Eletrostática



Figura 6 - Página de Vídeos - Aba Pressão



Figura 7 - Página de Vídeos - Aba Radiação Eletromagnética

A aba “Curiosidades” acessível na página inicial é utilizada para mostrar alguns fatos interessantes que aconteceram na história da física e que dificilmente são mencionados em livros didáticos. Foram escolhidos apenas dois temas: “A miopia do telescópio Hubble” (Figura 8) e “A morte de Pierre” (Figura 9).



Figura 8 - Página de Curiosidades - Aba A Mioopia do Telescópio Hubble



Figura 9 - Página de Curiosidades - Aba A morte de Pierre

Na última aba do site, “Fato ou Fake na Física” foram abordados dois assuntos: “A maçã de Newton” (Figura 10) e “Pássaros voando em V (Figura 11).



Figura 10 - Página Fato ou Fake na Física - Aba A Maçã de Newton



Figura 11 - Página Fato ou Fake na Física - Aba Pássaros Voando em V

APÊNDICE B

Formulário 1

- Qual o seu código?
(Ele deve ser memorizado para ser utilizado no Formulário 2.)
(Inicie com um algarismo de 0 a 9 e depois escreva 4 letras diferentes, sem que sejam sequenciais)
- Qual o seu sexo e idade?
- Qual o seu curso?

Questões:

- 1) De acordo com o seu entendimento, descreva fisicamente para os vídeos correspondentes, por que: a) o cabelo da criança fica arrepiado; b) o filete de água muda de posição; c) as pessoas não se machucam ao sentarem na cadeira de pregos.
- 2) Quais as diferenças entre radiação ultravioleta, infravermelha e ultrassom?
- 3) Como você definiria pressão atmosférica?
- 4) O baiacu é capaz de engolir água e alterar o seu volume. Explique como é possível que ele se mantenha parado mesmo após ter dobrado o seu volume.
- 5) De que modo a eletrostática pode desempenhar papel relevante durante os processos de polinização?
- 6) Comente a afirmação: “Independentemente do processo de eletrização, uma observação importante é que o número de prótons não se altera nos corpos, mas apenas o número de elétrons”. Observe o vídeo e responda: Por que o cabelo da criança ficou arrepiado?

Formulário 2

- Qual o seu código? (Utilize aquele que foi memorizado durante o preenchimento do Formulário 1.)
 - Qual o seu sexo e idade?
 - Qual o seu curso?
- 1) De acordo com o seu entendimento, descreva fisicamente para os vídeos correspondentes, por que: a) o cabelo da criança fica arrepiado; b) o filete de água muda de posição; c) as pessoas não se machucam ao sentarem na cadeira de pregos.
 - 2) O ultrassom é uma onda que se propaga, mediante zonas de compressão e rarefação de grupos de moléculas. Explique as diferenças entre radiação infravermelha, ultravioleta e ultrassom.

- 3) Diariamente nos confrontamos com situações em que não percebemos a importância dos conceitos físicos, como, por exemplo, quando tomamos refrigerante com um “canudinho”. Use o conceito de pressão atmosférica para explicar porque o refrigerante sobe no canudo.
- 4) A bexiga natatória é um mecanismo eficaz para que um peixe possa modificar a sua densidade. Admita que um peixe encontra-se inicialmente em repouso no fundo de um lago e que, em função da utilização conveniente de sua bexiga natatória, seu volume aumenta em 10% e ele começa a subir verticalmente em direção à superfície. Explique fisicamente porquê ocorre esse movimento ascendente.
- 5) Após ter lido o conteúdo do site, de que modo você poderia explicar qual o papel desempenhado pela eletrostática durante os processos de polinização?
- 6) Comente a afirmação: “Independentemente do processo de eletrização, uma observação importante é que o número de prótons não se altera nos corpos, mas apenas o número de elétrons”.
- 7) Qual a sua avaliação a respeito dos conteúdos do site?
- 8) Qual a parte do site que mais auxiliou nas respostas às perguntas? (vídeos, conteúdo, figuras, etc.)
- 10) Que sugestões você teria para melhorar a qualidade/estrutura do site?
- 11) Qual a sua opinião sobre a aba curiosidades? Ela é útil? Por quê?
- 12) Qual a sua opinião sobre a aba fato ou fake? Ela é útil? Por quê?

REFERÊNCIAS:

ABC, 2007. *O Ensino de Ciências e a Educação Básica: Propostas para superar a crise*. Investigações em Ensino de Ciências, V8(2), pp. 131-152, 2007.

ABRIL, 2011. *Como o camaleão consegue mudar de cor?* Disponível em <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-o-camaleao-consegue-mudar-de-cor>. Acesso em 20 de março de 2021.

ARAUJO, R. S. e VIANNA, D. M., *A história da legislação dos cursos de Licenciatura em Física no Brasil: do colonial presencial ao digital à distância*. Rev. Bras. Ensino Fís. vol.32, 2010.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*, Edições 70, 2016..

BNCC, 2018. *Base Nacional Comum Curricular*. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_verseofinal_site.pdf Acesso em 13 de junho de 2020.

BORGES, R. R.; IAROSZ, K. C.; BATISTA, A., M.; CALDAS, I. L.; BORGES, F. S.; LAMEU, E. L. *Sincronização de disparos em redes neuronais com plasticidade sináptica*. Rev. Bras. Ensino Fís. vol.37, nº2, São Paulo, Apr./June, 2015.

BRASIL, 2001. *PARECER CNE/CES, N.º 1.301/2001, de 4 de dezembro de 2001*. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>. Acesso em 16 de janeiro de 2020.

BRASIL, 2019. *Resolução CNE/CP N º 2, de 20 de dezembro de 2019*. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>. Acesso em 6 de março de 2020.

CANTO, E. L., *Aprendendo com a Natureza: Ciências Naturais 9º Ano*. Edição: 5ª. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

CARLTON, F. C. *The Color Changes in the Skin of the So-Called Florida Chameleon, Anolis Carolinensis*. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Dec., 1903, Vol. 39, No. 10, pp. 259-276 (1903). Disponível em <https://www.jstor.org/stable/pdf/20021878.pdf?refreqid=excelsior%3Ad6a43f273cc6a4961e43f6fec541c4cc> Acesso em 20 de março de 2021.

CARNEVALLE, M. R., (a) *Projeto Araribá: Ciências 7º Ano*. Edição: 4ª. São Paulo: Editora Moderna, 2014.

CARNEVALLE, M.R., (b) *Projeto Araribá: Ciências 8º Ano*. Edição: 4ª. São Paulo: Editora Moderna, 2014.

CUNHA, A. M. O.; KRASILCHIK, M. *A formação continuada de professores de ciências: percepções a partir de uma experiência*. Disponível em: https://anped.org.br/sites/default/files/gt_08_06.pdf.1-13, 2000. (Acesso 22/10/2020.)

DELATORRE, P. *Biofísica para Ciências Biológicas*, Ed UFPB, 2015.

EBEF, 2019. *Relatos pessoais dos participantes durante reunião pública de avaliação do evento*. Escola Brasileira de Ensino de Física, Cariacica, ES. Agosto de 2019.

FAZENDA. Ivani. *Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: Efetividade ou ideologia?* São Paulo: Loyola, 1992.

FERREIRA, A. L. *Estudo dos canais iônico de sódio e potássio via dinâmica estocástica*,
Dissertação de Mestrado, PUC-RJ, 2011.

https://www.princeton.edu/~his291/Experimentum_Crucis.html

<https://rsaude.com.br/maringa/materia/estenose-das-artérias-carotidas/16888>

http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Static_Electricity/Leiden_Jar/Leiden_Jar.html

<https://vozdocampo.pt/2018/03/12/composicao-quimica-dos-ovos-de-galinhas-de-racas-autoctones/>

<http://nomundocurioso.blogspot.com/2010/02/o-que-sao-realmente-as-cores-cor-e-um.html>

<https://pontobiologia.com.br/como-baiacu-incha>

HALLIDAY, D. e RESNICK, R. *Fundamentos de Física, Eletromagnetismo*, Vol. 3 – 10ª edição, 2016.

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

JÚNIOR, C.A.O.M. e PIETROCOLA, M.P.O. *A Formação dos Professores de Ciências para o Ensino Fundamental*, 2005.

KOVACS-NOLAN, J., PHILLIPS, M., & MINE, Y. *Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (22), 8421–8431, 2005.

MEC. *Seja um professor*. Disponível em <http://sejaumprofessor.mec.gov.br/internas.php?area=como&id=licenciaturas#topo>. Acesso em 9 de março de 2020.

MELLO, L.A.R.; SILVA, M.F.V. *A superação das dificuldades dos professores de biologia para ensinar física na oitava série – um estudo de caso*. Rev. Brasileira de Educação. 2004.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica, Eletromagnetismo*, Vol.2, 1ª edição, 2002.

OKUNO, E.; CALDAS. I.E; CHOW, C. *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas*, Ed. Harbra, 1982.

PAGANOTTI, A. e DICKMAN, A.G., *Caracterizando o professor de Ciências: Quem ensina tópicos de Física no Ensino Fundamental?* In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Campinas, 2011. Disponível em http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0793-2.pdf Acesso em 31 de março de 2020.

PEREIRA, A.M.; SANTANA, M.; WALDHELM, M. *Projeto Apoema: Ciências 6º Ano*. Edição 2ª. São Paulo: Editora do Brasil, 2015.

PIETROCOLA, M.; FILHO, J. P. A.; PINHEIRO, T. F.; *Prática Interdisciplinar na Formação Disciplinar de Professores de Ciências*, 2003.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A.; *A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório*. Rev. Bras. Ensino Fís. vol.29, n.2, 2007.

SARTORI, P. H. S.; LORETO, E. L. S. *Difusão e campo elétrico na membrana celular: construção de modelos didáticos funcionais*, Rev. Bras. de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, N°.01/2010, p. A1-A15, 2010.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. *A Nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.18, p. 313-27, 1996.

SME-RJ, 2019.<https://dhg1h5j42swfq.cloudfront.net/2019/05/20102118/Edital-SME-RJ-Professor-de-Ci%C3%A7ncias.pdf>. Acesso em 9 de março de 2020.

STUART-FOX, D.; MOUSSALLI, A. *Camouflage, communication and thermoregulation: lessons from colour changing organisms*. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. Feb 27; 364(1516): 463–470 (2009). Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2674084/pdf/rstb20080254.pdf> Acesso em 22 de março de 2021.

TAYLOR, J. D.; HADLEY, M. E. *Chromatophores and color change in the lizard, Anolis carolinensis*. Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie volume 104, pages282–294 (1970). Disponível em <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00309737.pdf>. Acesso em 21 de março de 2021.

Teyssier, J., Saenko, S., van der Marel, D. *et al.* *Photonic crystals cause active colour change in chameleons.* *Nat Commun* **6**, 6368 (2015).