

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA

CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

DERICK DE ALMEIDA FONTOURA KUGLER

**A BIOFÍSICA E OS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD: UMA RELAÇÃO  
INTERDISCIPLINAR NOS LIVROS DE FÍSICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

DERICK DE ALMEIDA FONTOURA KUGLER

**A BIOFÍSICA E OS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD: UMA RELAÇÃO  
INTERDISCIPLINAR NOS LIVROS DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física – DAFIS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para aprovação da Disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Camilo de Barros.

CURITIBA

2017



**TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Título: A BIOFÍSICA E OS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD: UMA RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR NOS LIVROS DE FÍSICA

Autor: Derick de Almeida Fontoura Kugler

Orientador: Prof. Dr. Adilson Camilo de Barros

Este trabalho foi apresentado às 09:00 h do dia 07 / 12 / 2017, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho \_\_\_\_\_.

Comissão examinadora:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Adilson Camilo de Barros

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite

\_\_\_\_\_  
Profa. Dr. Carla Roberta de Barros Rodrigues Dias

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Noemi Sutil  
Professora Responsável pelas Atividades de  
Trabalho de Conclusão de Curso/Curso de  
Licenciatura em Física (DAFIS/UTFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus professores que tiveram grande influência na minha escolha do curso e no desempenho durante o mesmo. À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), seus docentes, direção e administração pela oportunidade de cursar a graduação e proporcionar o aprendizado garantindo um nível de excelência.

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Adilson Camilo de Barros, pela paciência, confiança e orientação. Ao Prof. Dr. Álvaro Emilio Leite por ter disponibilizado grande parte dos livros didáticos analisados, sem os quais não seria possível a continuidade deste trabalho.

Aos meus pais, Márcia e Erik, pelo apoio incondicional durante o curso e principalmente por todo o suporte fornecido quando iniciei a carreira docente. Aos meus amigos, Thais, Rafael e Thiago, por toda ajuda e companheirismo durante o curso e por terem deixado as longas horas de estudo mais suportáveis por estar ao lado de vocês. Aos meus amigos, Carlos Nogueira e Gastão, por todas as conversas e aprendizado que me propuseram sobre a carreira docente, o que sem dúvida influenciou em minha formação. À minha irmã, Marcela, que durante alguns anos da graduação teve o prazer de suportar minhas crises de stress devido às provas e trabalhos, e mesmo assim fazia de tudo para me acalmar. E a todos os meus amigos, que não foram citados, mas ainda assim influenciaram e me ajudaram a concluir esta importante etapa.

A todos, que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado!

## RESUMO

KUGLER, Derick de A. F. A Biofísica e os livros didáticos do PNLD: uma relação interdisciplinar nos livros de Física. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017

Este trabalho apresenta os resultados de uma investigação que teve como objetivo analisar de que maneira a Biofísica como campo interdisciplinar se encontra nos Livros Didáticos de Física do PNLD de 2015. Utilizou-se as relações entre disciplinas e suas classificações, estabelecidas por Heckhausen (1972) e Japiassu (1976), para localizar cada área que a Biofísica contempla, e qual o seu nível de interdisciplinaridade com a Física. O universo estudado foram os livros de 2015, que por serem mais recentes à época de elaboração deste trabalho, são mais fáceis de serem encontrados e refletem melhor o panorama atual do ensino de física do Brasil no momento. A análise dos dados foi feita usando a Análise de Conteúdo, proposta por Bardin (2009). Durante a análise, os dados foram separados em dois grupos, sendo um deles a respeito do texto principal, *boxes* e seções extras do livro, e o outro contemplava os exercícios e atividades. Uma vez coletadas as informações, um quadro de recorrência foi criado para auxiliar na classificação por meio de uma escala Likert. Os resultados obtidos com este trabalho demonstram que cada uma das áreas da Biofísica, tais como a Biotermologia, a Bioacústica e a Bio-óptica apresentam diferentes tipos de interdisciplinaridade em relação ao texto e as questões, sendo comum uma utilização enciclopédica das informações afim de motivar as discussões sobre um conteúdo da Física ou para encerrar um dos capítulos, dando a errônea impressão de que a Biofísica não passa de uma aplicação da Física na Biologia.

**Palavras-chave:** Biofísica, Ensino de Física, Livros Didáticos de Física, Interdisciplinaridade, Ensino de Biofísica.

## ABSTRACT

KUGLER, Derick de A. F. A Biofísica e os livros didáticos do PNLD: uma relação interdisciplinar nos livros de Física. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017

This research presents the results of an investigation that has the goal to analyze how Biophysics, as an interdisciplinary field, can be found in the PNLD Physics Didactic Textbooks. The relationships between disciplines and their classifications, established by Heckhausen (1972) and Japiassu (1976), were used to locate each area that Biophysics contemplates, and their level of interdisciplinarity with Physics. The studied universe was the textbooks of 2015, more recent at the time of writing, which are easier to find and better reflect the current panorama of physics teaching in Brazil at the moment. The analysis of the data was done using the Content Analysis, proposed by Bardin (2009). During the analysis, the data were separated into two groups, one of which was about the main text, boxes and extra sections of the textbooks, and the other looked at the exercises and activities. Once the information was collected, a recurrence table was created to aid in classification using a Likert scale. The results obtained with this work demonstrate that each area of Biophysics, such as Biotermology, Bioacoustics and Bio-optics present different types of interdisciplinarity, both question and main text. The encyclopedic use of information in order to motivate the discussions about a content of physics, or to end one of the chapters, misleading the impression that Biophysics is nothing more than an application of Physics in Biology.

**Key words:** Biophysics, Physics Teaching, Physics Textbooks, Interdisciplinarity, Biophysics Teaching.

## **LISTA DE SIGLAS**

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

IHGB – Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro

INL – Instituto Nacional do Livro Didático

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

Plidef – Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Configuração das disciplinas numa relação Multidisciplinar.</b> .....	29
<b>Figura 2 – Configuração das disciplinas numa relação Pluridisciplinar.</b> .....	29
<b>Figura 3 – Configuração das disciplinas numa relação Interdisciplinar.</b> .....	30
<b>Figura 4 – Configuração das disciplinas numa relação Transdisciplinar.</b> .....	30
<b>Figura 5 – Amálgama dentário como exemplo de aplicação da Dilatação Térmica.</b> .....	48
<b>Figura 6 – Termograma de um elefante.</b> .....	49
<b>Figura 7 – Box sobre Caloria Alimentar (Cal).</b> .....	50
<b>Figura 8 – Transformações de energia no corpo humano.</b> .....	52
<b>Figura 9 – Exercício de Biotermologia e Calorimetria.</b> .....	53
<b>Figura 10 – Exercício sobre Ventilação Pulmonar.</b> .....	54
<b>Figura 11 – Exercício sobre apneia.</b> .....	54
<b>Figura 12 – Estrutura Interna da Orelha.</b> .....	56
<b>Figura 13 – Aplicações do Ultrassom.</b> .....	57
<b>Figura 14 – Exercício de Bioacústica.</b> .....	58
<b>Figura 15 – Exercício sobre o padrão de interferência nas cores de um Pavão.</b> .....	61
<b>Figura 16 – Exercício de Bio-óptica.</b> .....	62



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Listagem dos Livros de Física aprovados no edital do PNLD de 2015. ....</b>	<b>39</b>
<b>Quadro 2 – Pré-Análise dos Livros Didáticos.....</b>	<b>41</b>
<b>Quadro 3 – Interdisciplinaridade no texto principal.....</b>	<b>43</b>
<b>Quadro 4 – Interdisciplinaridade nos exercícios e problemas. ....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 – Pré-Análise dos Livros Didáticos.....</b>	<b>42</b>
<b>Gráfico 2 – Biologia: características do texto. ....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfico 3 – Biologia: localização no texto e o aprofundamento dos conceitos... ..</b>	<b>47</b>
<b>Gráfico 4 – Biologia: localização e a função apresentada no texto.....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 5 – Biologia: características das questões.....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 6 – Bioacústica: características do texto.....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico 7 – Bioacústica: características das questões.....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico 8 – Bio-óptica: características do texto.....</b>	<b>59</b>
<b>Gráfico 9 – Bio-óptica: localização no texto e o aprofundamento dos conceitos.....</b>	<b>60</b>
<b>Gráfico 10 – Bio-óptica: características das questões.....</b>	<b>62</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo geral.....	15
1.2.2. Objetivo específico .....	15
1.3. JUSTIFICATIVA .....	15
1.3.1. Justificativa pessoal.....	16
1.3.2. Justificativa específica .....	17
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
2.1. DISCIPLINAS ESCOLARES.....	19
2.2. CURRÍCULO .....	20
2.2.1. Atos de Currículo .....	20
2.2.2. Documentos que norteiam o Currículo no Brasil .....	21
2.3. LIVROS DIDÁTICOS.....	22
2.3.1. Definição.....	22
2.3.2. Livro Didático no contexto brasileiro .....	23
2.3.3. Livro didático e Interdisciplinaridade.....	25
2.4. INTERDISCIPLINARIDADE .....	26
2.4.1. História e Contexto .....	26
2.4.2. Interdisciplinaridade no Brasil .....	27
2.4.3. Classificações.....	29
2.4.4. Tipos de Interdisciplinaridade .....	31
2.5. BIOFÍSICA .....	32
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	36
3.1. CONCEPÇÃO DE PESQUISA .....	36
3.2. ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	37

3.3. INSTRUMENTOS DE ANÁLISE.....	38
<b>4. ANÁLISES E RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1. PRÉ-ANÁLISE.....	41
4.2. CODIFICAÇÃO.....	43
4.3. ANÁLISE.....	46
4.3.1. A Física e a Biotermologia.....	46
4.3.2. A Física e a Bioacústica.....	55
4.3.3. A Física e a Bio-óptica.....	59
4.3.4. A Física e a Biofísica.....	63
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No presente trabalho, a intenção é propor uma investigação sobre como os conhecimentos da Biofísica aparecem de maneira interdisciplinar nos Livros Didáticos de Física que participam do Programa Nacional do Livro Didático de 2015. Para que seja possível realizar esta pesquisa, é preciso localizar o tema tanto no contexto da sala de aula brasileira como na esfera acadêmica. Partindo da ideia do que é uma disciplina e sua relação com as outras dentro de um currículo, é necessário compreender quais as características de uma prática interdisciplinar no ensino. A contextualização é uma forte aliada desta metodologia, porém umas das principais críticas ao ensino médio brasileiro é a distância entre o que é ensinado nas escolas e a realidade do aluno.

Pensando nisso, a Biofísica, como campo disciplinar, possui conceitos que aparecem constantemente em disciplinas do nível médio. Assim como um médico conhece a Lei de Bernoulli para compreender o regime no qual se encontra o fluxo sanguíneo para então emitir um diagnóstico, um estudante do ensino médio, quando vai realizar um exame de sangue dificilmente consegue relacionar o que ocorre no procedimento com os conceitos vistos em diferentes disciplinas em sala de aula. Porém, quando trabalhados de maneira cooperativa, os conceitos de pressão e velocidade de um fluido na hidrodinâmica, as hemácias na histologia, os vasos sanguíneos no sistema circulatório e o estudo de soluções e estados físicos na Físico-Química, podem ser coordenados pela Biofísica para dar ao aluno uma visão contextualizada do problema.

Este problema pode ter sua solução encaminhada dentro de sala de aula, pois quando o professor possui um material que lhe dê suporte para a realização de uma abordagem interdisciplinar, além de encorajá-lo a realizá-la, pode também motivar os alunos a encontrarem mais relações e um aprofundamento no problema em questão. É neste contexto que o seguinte trabalho objetiva solucionar seu problema de pesquisa de maneira a auxiliar o professor em sua prática docente.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A delimitação de um problema de pesquisa é extremamente necessária, pois a ele está associado um conjunto de normas e métodos científicos adequados que visam buscar respostas através de procedimentos específicos (GIL, 2010). Não existe um método perfeito ou muitas vezes um que seja melhor que o outro, porém, os problemas de pesquisa acabam resultando em uma concepção de pesquisa na qual cabe ao pesquisador idealizar qual a metodologia mais adequada (YIN, 2015).

No contexto da pesquisa em educação, a mesma é importante tanto como diagnóstico, visando compreender a realidade em sala de aula e quais as principais dificuldades encontradas neste ambiente, como uma maneira de aperfeiçoar as metodologias de ensino e auxiliar na criação de novas propostas didáticas.

Já no âmbito do ensino médio, cujas diretrizes curriculares são bem estabelecidas dentro dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), o mesmo possui objetivos apropriados a cada área do conhecimento. No caso das Ciências da Natureza, o aprofundamento dos saberes disciplinares em Física, Química e Biologia, respeitando as particularidades de cada ciência, e uma relação interdisciplinar desses saberes configura-se como uma das características mais prioritárias do Ensino Médio (BRASIL, 1999).

Sendo assim, o seguinte trabalho propõe uma análise acerca dos aspectos interdisciplinares nos Livros Didáticos de Física utilizados no Ensino Médio, para encontrar de que maneira a Biofísica, como campo interdisciplinar, é apresentada em cada um destes Livros, considerando-se as particularidades de cada autor.

## 1.2. OBJETIVOS

Na construção de um projeto de pesquisa, Deslandes (1994) coloca que os objetivos de uma pesquisa esclarecem quais as pretensões que o trabalho possui, indicando metas que devem ser possíveis de serem alcançadas no contexto do problema, para que sejam cumpridas até o fim da investigação. Os objetivos podem ser classificados em geral, aqueles de dimensões mais amplas, ou em específicos,

que possuem metas bem estruturadas, dividindo assim o objetivo geral em etapas para que o mesmo seja alcançado.

#### 1.2.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral analisar de que maneira a Biofísica, como campo interdisciplinar, é encontrada nos Livros Didáticos de Física de Nível Médio. Para isso, serão analisados os livros do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD – do ano de 2015.

#### 1.2.2. Objetivo específico

Para que seja possível realizar essa análise, é necessário inicialmente verificar quais livros didáticos do PNLD, no período em questão, apresentam conteúdos interdisciplinares pertencentes ao campo da Biofísica. Só então será possível identificar os conceitos, analisá-los e verificar como este campo disciplinar é apresentado em diferentes disciplinas, autores e volumes.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

A relevância de uma questão de pesquisa é o que serve para justificar o esforço a ser empregado para realizá-la, assim como as contribuições que trará para solucionar ou compreender melhor o problema. A fim de produzir um maior impacto, as motivações devem contemplar tanto as justificativas pessoais do investigador quanto aquelas que articulam a pesquisa num contexto acadêmico e a faz ter uma importância intelectual (MINAYO, 2011).

### 1.3.1. Justificativa pessoal

Desde o primeiro contato com as disciplinas de Ciências da Natureza durante o Ensino Médio verifiquei que havia um maior interesse por um determinado conteúdo quando o professor conseguia relacioná-lo com outras áreas do conhecimento. Houve algumas experiências, ainda no ensino médio, em que alguns conceitos foram trabalhados de maneira interdisciplinar, um exemplo marcante é de uma aula sobre a Óptica da Visão, na qual um professor de Física e outro de Biologia, em aulas separadas, mostraram como cada disciplina se preocupa e estuda um mesmo objeto, o que auxiliou na aprendizagem naquele período.

Durante o Curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná tive dificuldade em procurar fontes que traziam tais aspectos de interdisciplinaridade de maneira mais aprofundada, sendo necessária a busca de um material de apoio para cada área do conhecimento. Quando encontrei um determinado conceito químico em um livro de física, o mesmo era apresentado de maneira superficial, em forma de boxes ou textos complementares.

Já atuando como professor, inicialmente no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), e posteriormente em Colégios de Curitiba e Guaratuba, tive a experiência de repetir a mesma abordagem utilizada no ensino de ótica da visão, sobre a qual havia aprendido. Percebi um maior interesse por parte dos alunos quando conseguia relacionar conhecimentos da Física, Química e Biologia, sendo comum durante as aulas comentários como: “É verdade! O outro professor já tinha falado isso”, “Então é por isso que ele tinha dito aquilo!”, “Agora entendi como funciona! ”.

Destarte, creio que uma das alternativas para conseguir a atenção dos alunos, assim como motivá-los para as atividades em sala de aula, é a prática interdisciplinar em sala de aula, evitando assim o desinteresse, sobretudo, nas aulas de Física, que estão cheias de equações e análises quantitativas, mas que em alguns momentos, deixa-se de lado a sua relação com o mundo natural e acaba por entrar em formalismos.



### 1.3.2. Justificativa específica

Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada em 2011, o ensino médio brasileiro possui alto grau de exclusão para o grupo de jovens entre 15 e 17 anos, sendo que cerca de um milhão e setecentos mil jovens estão fora da escola e dois milhões e seiscentos mil encontram-se em situação de atraso escolar de acordo com o Censo Escolar de 2012. Dentre os fatores que influenciam neste panorama, repensar a organização escolar é um dos 10 desafios a serem superados para mudar este quadro (UNICEF, 2014). Uma maior articulação dos conteúdos, apropriando-se dos conhecimentos que os alunos já possuem pode ser uma das alternativas para superar este desafio.

Uma das razões para o baixo nível de articulações entre as disciplinas, conforme colocou Fourez (2003), é devido à uma defasagem entre a formação docente e as exigências da situação de sala de aula, pois como não há um domínio sobre o assunto em outras áreas, muitos professores, sobretudo os de ciências, acabam por se limitar às suas disciplinas.

Embora não seja praticada de maneira tão intensa, a interdisciplinaridade está como um dos princípios pedagógicos que estruturam as áreas do conhecimento. “A interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para resolver às questões e aos problemas sociais contemporâneos” (BRASIL,1999). E é nesse contexto que a Biofísica, como campo disciplinar derivado da fusão de diversos conhecimentos específicos (CAUDURO, 2014), faz-se necessária, pois além de auxiliar na compreensão do funcionamento de equipamentos médicos e fenômenos naturais, pode ser abordada em sala de aula a fim de propor uma articulação entre diversas áreas do conhecimento.

Como Cauduro (2014) aborda, embora a Biofísica faz-se necessária pela sua importância no desenvolvimento de tecnologias e de conhecimento, o ensino em Biofísica ainda caminha a passos muito pequenos. Ao realizar um levantamento do número de artigos publicados em periódicos sobre o tema Ensino de Biofísica, a autora constata que, de um número de duzentos e vinte e três (223) periódicos, no período de 2004 a 2013, apenas quatro (4) possuíam artigos relacionados ao tema. São eles: A Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista de Enseñanza de la Física e História, Ciências,

Saúde – Manguinhos. E ao analisar todos os dois mil cento e sessenta e três (2163) artigos publicados neste período pelas quatro revistas, houve apenas nove (9) relacionados ao *Ensino de Biofísica*, o que corresponde a 0,42% do número total de publicações entre 2004 e 2013.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. DISCIPLINAS ESCOLARES

“Todos os homens por natureza desejam conhecer”

Aristóteles, *Metafísica*, 322 a.C.

A curiosidade é talvez a primeira motivação de todo ser humano quando se depara com uma situação inusitada, com algo novo para descobrir, entender, compreender. A partir dessas situações pode-se estabelecer padrões de comportamento, relacionar variáveis, produzir conhecimento. Sobre isso, Cortella (1988) diz que o conhecimento é algo a ser revelado, descoberto, mas isolado é insuficiente, necessita de um valor, isto é, algo que lhe dê sentido, significado, para então ser dito como um conceito, um entendimento. Segundo o autor, todo conhecimento está relacionado a um momento histórico, uma cultura em particular, sua produção é coletiva, e por isso política, pois prevalece o ponto de vista de quem o domina. A conservação desse conhecimento ao longo do tempo e os responsáveis pela sua difusão relacionam-se em um processo chamado de educação (CORTELLA, 1988). Aristóteles classificou uma grande quantidade de conhecimentos em diversos campos de tal maneira que até hoje os modelos de análise e categorização possuem a mesma fundamentação (NUNES, 2009). Uma instituição importante neste processo é a escola. Sobre ela cai a responsabilidade dos processos educacionais formais e deve mediar os conhecimentos científicos com os conhecimentos que o aluno traz de casa (BIESDORF, 2011).

Para Libâneo (1994, p.142) “Os conteúdos devem expressar objetivos sociais e pedagógicos da escola pública sistematizados na formação cultural e científica para todos. [...] basicamente, esse é o critério que definirá se os conteúdos são importantes ou não”. Sendo assim, parece natural e eficiente a separação dos conteúdos a serem ensinados em grupos específicos e que apresentam as mesmas características, as chamadas disciplinas escolares (AIRES, 2011).

## 2.2. CURRÍCULO

O conceito de Currículo surge como uma tentativa heurística de organizar o conhecimento escolar desde sua primeira aplicação em meios escolares no século XVI. O termo *curriculum* derivado da palavra latina *currere* traz o sentido de “ordem como sequência ou estrutura”, mas sofre adequações ao contexto social em que é aplicado (SILVA, 2006). Sendo assim, o campo do currículo é subordinado a certos fatores sociais e culturais que enquanto legitimadores das práticas educacionais influenciam diretamente nos atos de currículo (MACEDO, 2013).

### 2.2.1. Atos de Currículo

Os atos de currículos, segundo Macedo (2013), constituem-se de todo e qualquer processo de construção epistemológica, cultural e sócio-pedagógica com o objetivo de alterar a cena curricular. Logo, possui um potencial político intrínseco, pois os cenários curriculares atualizam-se constantemente, fazendo-se necessário um diálogo entre todos os envolvidos neste processo. Para Moreira

em períodos de crise, a preocupação com a prática precisa intensificar-se, já que ela se torna o motor da inovação. Em outras palavras, trata-se de defender a centralidade da prática nos estudos que pretendem contribuir para a superação da crise<sup>1</sup> da teoria crítica do currículo (MOREIRA, 2010, p.30).

A teoria crítica do currículo o concebe em um contexto social mais amplo em que a Escola não corresponde ao seu prédio e estrutura física, materiais e conjunto de profissionais, mas ao seu “caldo cultural” e seu modo de ser e fazer na interação interpessoal. Segundo Luck (2010), quando se fala da Escola, refere-se a toda a sua Cultura Organizacional e, portanto, às práticas regulares e habituais da escola, sua personalidade e como as pessoas da comunidade pensam sobre ela, a função da escola em seu contexto social, e o objetivo individual e coletivo dos participantes.

---

<sup>1</sup> O sentido da palavra “crise” é o mesmo daquele utilizado por Thomas Kuhn a respeito das crises de paradigma.

### 2.2.2. Documentos que norteiam o Currículo no Brasil

É somente na década de 90 que o Brasil, ao perceber uma divergência entre o discurso acadêmico e a prática escolar, realiza um esforço para que a realidade da escola e as necessidades educativas sejam incorporadas a um sistema nacional de educação, criando-se assim a Lei 9.394/96 (Brasil, 1998). A mesma também é conhecida como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e Orientações Curriculares (LDB), que objetiva a formação do cidadão e cabe à escola fornecer o domínio dos conhecimentos para tal (SILVA, 2006).

Ainda nesta década, em 1998, tem-se a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em que a base nacional comum dos currículos do ensino médio é organizada em áreas do conhecimento e cabe ao documento listar as habilidades e competências de cada uma das três áreas, sendo elas Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias (BRASIL, 1999).

Posteriormente, em 2000, é publicado os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCNEM), documento que também parte dos princípios definidos na LDB, mas busca soluções para o ensino descontextualizado da época, dentre elas, a contextualização, evitar a compartimentalização, utilizando a interdisciplinaridade, para fornecer as competências básicas para que os jovens iniciem a vida adulta (BRASIL, 2000).

As estratégias e metodologias de ensino, presentes no PCNEM, não possuíam detalhes de como ser implementadas na prática. Fez-se necessária a criação de um documento com alguns aspectos práticos mais bem elaborados, permitindo a adoção de um currículo diversificado para cada uma das disciplinas. Sendo assim, foram criados os PCN+ como complemento ao Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007).

Neste último documento, cita-se como uma competência em investigação e compreensão a relação entre conhecimentos disciplinares e interdisciplinares. Nele, cabe ao aluno “articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas do conhecimento” (BRASIL, 2007, p.13). É válido, também, ressaltar o detalhamento que o documento traz desta competência:

Reconhecer na análise de um mesmo fenômeno as características de cada ciência, de maneira a adquirir uma visão mais articulada dos fenômenos. Por exemplo, no ciclo da água, compreender que a Física releva os aspectos das transformações de estado e processos de circulação, enquanto a química trata das diferentes reações e papel das soluções, enquanto a Biologia analisa a influência nas cadeias alimentares e o uso do solo. (BRASIL, 2007, p.13)

## 2.3 LIVROS DIDÁTICOS

### 2.3.1 Definição

Segundo Choppin (2004, p. 26) “o conceito de livro escolar é historicamente recente”. Apesar desse material estar presente na cultura escolar, sua definição não é uma tarefa fácil, pois é denominado de várias maneiras e não é possível explicar todas essas denominações. Então a sua designação pode mudar de acordo com o encaminhamento desse material, devido ao seu contexto institucional, ao público de ensino que a obra é indicada, sua função didática, conteúdos que compõe e fazem menção à disciplina. Dessa forma, os termos para o livro didático são diversos e é difícil definir o que os caracterizam.

O ainda apresenta as funções que o livro didático pode exercer:

- a. função referencial: suporte de conteúdos educativos que a sociedade acredita que deva ser transmitido para gerações seguintes;
- b. função instrumental: o livro didático faz uso de diferentes metodologias de ensino com o propósito de facilitar a aprendizagem do aluno;
- c. função ideológica e cultural: o livro se constitui como um vetor da língua, cultura e valores da elite;
- d. função documental: a sua composição, como leitura não dirigida pode vir a desenvolver o espírito crítico do aluno. (CHOPPIN, 2004, p.553).

Já Lajolo (1996, p.4) define o livro didático como “instrumento específico e importantíssimo de ensino e de aprendizagem formal”. Além disso a autora pondera que o livro para ser didático deve ser utilizado de forma metódica em sala de aula, que geralmente está relacionado ao processo de ensino-aprendizagem de uma

determinada área do conhecimento que já se estabeleceu como disciplina. E também seu uso na escola pode ser direcionado objetivando o aprendizado da turma instruído s pelo professor.

Os autores Gérard e Roegiers (1998), também compartilham da ideia apresentada acima, definindo o livro didático como um material impresso, presente no processo de ensino-aprendizagem com a finalidade de melhorar a eficácia desse processo. Porém, a importância desse objeto escolar varia devido as condições, espaços e circunstâncias em que é produzido e como é utilizado no contexto escolar.

De acordo com Batista (2002), o livro escolar pode ser entendido como uma coletânea de saberes escolares destinada para o estudo regular. Além do mais, o livro didático tem um papel significativo na cultura brasileira, desde as técnicas de letramento até a produção editorial tendo destaque na economia do país. Dessa forma, o livro escolar pode ser considerado um objeto da cultura escolar.

Em síntese, o livro didático desempenha um importante papel na cultura escolar e é o principal recurso impresso utilizado por professores e alunos brasileiros. Essa utilização se intensifica em escolas que os integrantes têm pouco acesso à bens econômicos e culturais (BATISTA, 2002). Assim, esse material didático se constitui como uma fonte legítima de saberes escolares.

### 2.3.2. Livro Didático no contexto brasileiro

A utilização do livro didático no Brasil data de 1838, segundo Barra e Lorenz (1986), com a abertura do Colégio Pedro II, considerado instituição de ensino modelo da época, que seguia o currículo francês e também adotou as obras didáticas francesas. Dessa forma, a programação de ensino foi elaborada tendo como base os conteúdos desses livros e no ensino de Física foi adotado o compêndio de Barruel “La physique réduite en tableaux raisonnés ou programme du cours de physique fait à l’École Polytechnique”.

A produção de livros didáticos no Brasil está ligada a criação do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro (IHGB), o qual tinha por objetivo reunir documentos a respeito da História do Brasil e criar uma memória da nação. Os livros eram produzidos por autores como Joaquim Manoel de Macedo que elaborou livros para o

ensino primário e secundário no Período da Primeira República. Essas obras tinham caráter nacionalista (ZACHEU; CASTRO, 2015).

Entretanto a educação nesta época era voltada para elite, assim sendo, os manuais didáticos eram majoritariamente traduções francesas. Mas esse cenário começou a mudar a partir de 1930 durante o Governo Vargas, devido a dois fatores, a crise econômica de 1929 que elevou intensamente o preço da importação de livros e a preocupação do Governo em fortalecer a ideologia nacionalista (SILVA M, 2012). Essa preocupação levou ao decreto-lei nº 93 que transformou o Instituto Cairú em Instituto Nacional do Livro Didático (INL). De acordo com o site do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE, acesso em 2017), no ano de 1971 o INL desenvolve o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef), o qual em 1985, com o Decreto nº 91.542, passa a se chamar Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Esse programa tem a finalidade de comprar e distribuir livros para o ensino fundamental e médio da rede pública. É válido ressaltar que o Governo Federal gastou mais de um bilhão de reais na distribuição de livros didáticos em 2015 para o ensino médio, por meio do PNLD, segundo dados estatísticos do próprio site do FNDE.

Devido ao investimento feito pelo Governo, a presença do livro didático nas escolas é massiva, porém isto não garante a sua utilização em sala de aula. Também, o livro se torna fundamental em algumas escolas pelo fato de ser o único recurso disponível como exposto por Lajolo (1996):

Sua importância aumenta ainda mais em países como o Brasil, onde uma precaríssima situação educacional faz com que ele acabe determinando conteúdos e condicionando estratégias de ensino, marcando, pois, de forma decisiva, o que se ensina e como se ensina o que se ensina (LAJOLO, 1996, p.4).

Sendo assim, o livro didático se torna um importante instrumento para se verificar o que está sendo supostamente ensinado em sala de aula, visto que a sua utilização não é garantida, embora o mesmo chegue nas escolas e esteja à disposição dos professores e alunos.



### 2.3.3. Livro didático e Interdisciplinaridade

Os documentos oficiais, como a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), preconizam a abordagem interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem. Esta perspectiva interdisciplinar está exposta na LDB na resolução CEB Nº3 de 1998. A mesma deve contemplar:

I - a Interdisciplinaridade, nas suas mais variadas formas, partirá do princípio de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de questionamento, de negação, de complementação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos;

II - o ensino deve ir além da descrição e procurar constituir nos alunos a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir, objetivos que são mais facilmente alcançáveis se as disciplinas, integradas em áreas de conhecimento, puderem contribuir, cada uma com sua especificidade, para o estudo comum de problemas concretos, ou para o desenvolvimento de projetos de investigação e/ou de ação;

III - as disciplinas escolares são recortes das áreas de conhecimentos que representam, carregam sempre um grau de arbitrariedade e não esgotam isoladamente a realidade dos fatos físicos e sociais, devendo buscar entre si interações que permitam aos alunos a compreensão mais ampla da realidade (BRASIL, 1998, p. 23).

Dessa forma, as escolas devem estar atentas que os documentos oficiais sugerem que o ensino não deve ser apenas disciplinar, como é realizado tradicionalmente nas escolas. Porém, os professores precisam de materiais que o auxiliem para executar essa tarefa. Dessa maneira, já que os livros didáticos são distribuídos pelo governo federal, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) preconiza a abordagem interdisciplinar, se não houver este elemento na obra, essa está sujeita a desclassificação, como descrito no edital:

Critérios eliminatórios da área de Ciências da Natureza.

Para a área de Ciências da Natureza será observado se a obra:

- utiliza a contextualização e a interdisciplinaridade como elemento para a organização didático-pedagógica dos assuntos e o desenvolvimento das atividades;
- traz uma abordagem integrada dos conteúdos tratados e apresenta atividades de caráter interdisciplinar, considerando a importância da articulação entre os diferentes componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e de outras áreas (PNLD, 2013, p. 63).

Mediante ao exposto, podemos concluir que os editores e os autores dos livros didáticos, cada vez mais procuram se adequar ao edital para terem os livros aprovados, portanto as obras devem apresentar elementos de interdisciplinaridade.

Dessa forma, presume-se que as obras aprovadas no PLND 2015 são uma fonte de como a abordagem interdisciplinar pode ser realizada no ensino de Física, sendo assim um material de análise com grande potencial.

## 2.4. INTERDISCIPLINARIDADE

### 2.4.1. História e Contexto

Na década de 1930 já era notória a presença de cientistas e especialistas de diferentes nacionalidades nos Estados Unidos, sendo muitos refugiados da Segunda Guerra Mundial, o que levou a um novo paradigma nas universidades americanas, e que em seu tempo resultou em um ingrediente já considerado parte da cultura científica contemporânea (VELHO, 2010). Este novo Paradigma instaurou-se devido à busca de soluções para problemas em um mundo Pós-Guerra. Em um contexto no qual é necessário considerar questões científicas e sociais, acadêmicas e não acadêmicas, criaram-se então grupos cada vez mais heterogêneos, não havendo uma hegemonia e sim uma interação de áreas específicas do conhecimento científico, de tal maneira que era necessária uma constante adaptação entre uma e outra (CASANOVA, 2006).

Entre 1942 e 1953 ocorreram as primeiras conferências para a discussão das novas áreas de conhecimento que surgiam, tais como a cibernética, e os caminhos a serem tomados. Em um desses encontros, a Conferência Macy, Casanova (2006) colocava que “as novas ciências” fizeram o que até então parecia impossível, aglutinar elementos contrários à estrutura científica de cada campo, tais como a autorregulação da Termodinâmica e o não-determinismo da Estatística, o que causava na época um ambiente de grande expectativa a respeito das inovações e descobertas possíveis. Um reflexo desse novo paradigma científico, segundo Casanova, é que no ano de 1970 ocorreu o Seminário Internacional sobre Pluridisciplinaridade e Interdisciplinaridade nas Universidades, sendo realizado na Universidade de Nice na França. Os resultados deste congresso foram de grande importância para a divulgação da interdisciplinaridade a nível mundial e a partir daí, têm-se a criação de novos eventos preocupados com a pesquisa no tema (CARLOS, 2007).

Segundo Follari (1995), com o decorrer da década de 1970, Jean Piaget é quem exerce um grande papel epistemológico contribuindo para o desenvolvimento do tema. A partir daí, surge não apenas novos campos interdisciplinares, mas também especializações interdisciplinares, visto que o desenvolvimento da ciência fazia com que fosse necessário que os cientistas se especializassem cada vez mais em suas áreas. Alguns exemplos dessas novas áreas são: Ciência da Computação, Biologia Molecular, Biofísica, Nanotecnologia, Redes Neurais e etc. (VELHO, 2010).

A proliferação foi tanta, que em 1974 surge a primeira Universidade com um currículo elaborado para um ensino interdisciplinar, a Universidade Autónoma Metropolitana em Azcapotzalco, no México. Essa divulgação chega até o Brasil, onde no país ocorriam movimentos estudantis que acabaram vinculando a interdisciplinaridade às políticas modernizadoras, e ao seguir o modismo internacional, a sua chegada ao sistema educacional brasileiro de maneira superficial é percebida até hoje (CARLOS, 2007).

#### 2.4.2. Interdisciplinaridade no Brasil

No Brasil, a interdisciplinaridade chega ainda na década de 60, sendo absorvida pela LDB, porém foi utilizada, segundo Fazenda (1994), para reduzir os custos da educação, pois Geografia e História deram lugar a Estudos Sociais, e Ciências Físicas e Biológicas deram lugar a Ciências. O que acabou contribuindo para desvalorizar o termo interdisciplinaridade, visto a superficialidade dos conteúdos trabalhados devido à perda de identidade das disciplinas.

O primeiro autor brasileiro a introduzi-la de maneira localizada foi Japiassu (1976), em que durante a chamada primeira fase da concepção de Interdisciplinaridade no Brasil, critica o nível de especialização na qual a ciência havia alcançado, e que, quanto mais se desenvolviam os campos disciplinares mais eles perdiam o contato com a realidade humana. E caso este problema não fosse resolvido, assim como um câncer, daí o título de seu livro Interdisciplinaridade e a Patologia do Saber, que se prolifera e corrompe toda a estrutura sobre a qual se encontra, a intensa especialização poderia comprometer a área sobre a qual o conhecimento havia se instaurado.

Este novo modelo do saber, não discutindo o que se sabe, mas procurando o que não se sabe, corresponde segundo o autor a uma “verdadeira cancerização epistemológica” (JAPIASSU, 1976, p.48). Segundo ele:

Para remediar os perigos da proliferação anárquica de domínios cada vez mais restritos do saber, sem nenhuma regulação de conjunto, faz-se progressivamente sentir uma aspiração pela unidade. Não mais, como pensava Comte, pela instituição de um corpo de especialistas de generalidades científicas, mas por uma unificação interior de cada uma das grandes disciplinas cujas fronteiras se tornam cada vez mais flexíveis e cujos métodos fazem sempre mais apelo aos enfoques interdisciplinares, pelo menos, multidisciplinares. (JAPIASSU, 1976, p. 49)

Em seu livro, Japiassu também discute o que chama de metodologia interdisciplinar, para isso justifica sua necessidade através de algumas demandas. A primeira, dos professores, pois com o desenvolvimento da ciência “a Interdisciplinaridade vem responder à necessidade de criar um fundamento ao surgimento de novas disciplinas” (JAPIASSU,1976, p.53). A próxima diz respeito às reivindicações estudantis, pois em um mundo onde os saberes são integrados, a fragmentação das disciplinas escolares pode ser solucionada através interdisciplinaridade. Por fim, devido a uma demanda social e profissional, pois as universidades devem se adequar tratando as disciplinas em suas regiões de fronteira, o que resulta na formação de profissionais que não sejam especialistas em apenas uma especialidade.

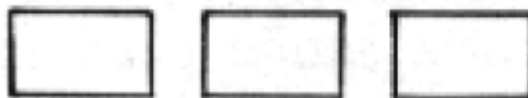
Sendo assim, o termo interdisciplinaridade não possui uma definição única, mas “se trata de um processo onde há interatividade mútua, ou seja, todas as disciplinas que participam do processo devem influenciar e ser influenciadas umas pelas outras” (AIRES, 2011, p.218). Porém, não se trata apenas de um conceito, e sim parte de uma complexa relação bivalente entre conhecimento e prática. As principais dificuldades para a aplicação desta metodologia interdisciplinar são, segundo o autor, alguns obstáculos epistemológicos. O primeiro diz respeito a todo tipo de resistência imposta pelos especialistas. O segundo seria a inércia das instituições de ensino em se adaptar ao novo contexto interdisciplinar, pois continuam a valorizar a especialização e a fragmentação das disciplinas. Já o terceiro obstáculo é a pedagogia, pois a mesma visa apenas objetivar os conhecimentos funcionais, implicando em fronteiras bem estabelecidas e a categorização das disciplinas. E por fim, a dicotomia entre as chamadas Ciências Humanas e as Ciências Naturais, o que

não incorpora as discussões sócio-científicas e o questionamento sobre o papel da Ciência.

### 2.4.3. Classificações

Com o desenvolvimento das pesquisas educacionais no campo da interdisciplinaridade, fez-se necessário uma classificação dos diferentes campos de conhecimento quando submetidos a uma metodologia interdisciplinar. Embora existam outros teóricos que trazem diferentes classificações, tais como Mario Bunge, Herbert Spencer, Bonifatti Kedrov e etc, Japiassu (1976) apresenta um modelo de classificação baseada na proposta de Eric Jantsch, que nivela a relação entre os conhecimentos disciplinares em 4 tipos. No primeiro nível, a multidisciplinaridade ocorre quando duas ou mais disciplinas trabalham simultaneamente em uma temática comum, cada qual com seu objetivo, porém não há uma cooperação entre as mesmas, de tal maneira que todas as disciplinas ocupem o mesmo nível hierárquico, conforme a Figura 1.

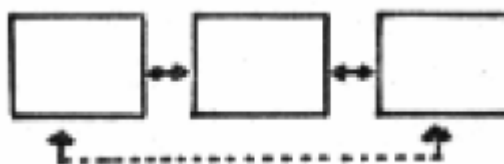
**Figura 1 – Configuração das disciplinas numa relação Multidisciplinar.**



Fonte: Japiassu (1976, p.73).

Já o segundo nível, na pluridisciplinaridade, embora as disciplinas estejam num mesmo nível hierárquico, já aparecem relações entre elas, ocasionando em uma cooperação, cada uma com seu objetivo, porém sem coordenação, exemplificado na Figura 2.

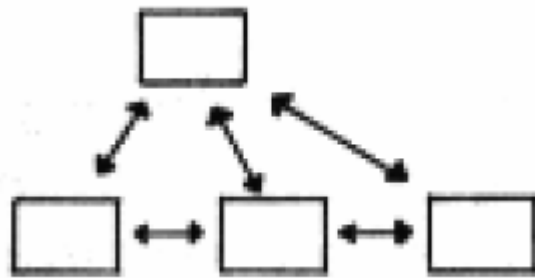
**Figura 2 – Configuração das disciplinas numa relação Pluridisciplinar.**



Fonte: Japiassu (1976, p.73).

A interdisciplinaridade aparece como o próximo nível de relação entre os conhecimentos, em que ocorre a presença de uma disciplina que coordena as ações disciplinares subordinadas. Existe cooperação e interação entre as disciplinas, como pode ser visto na Figura 3, e segundo CARLOS (2007, p.3), ela “não deveria ser considerada como uma meta obsessivamente perseguida no meio educacional simplesmente por força da lei”, mas sim uma articulação que visa um interesse comum, ainda considerando as particularidades de suas disciplinas.

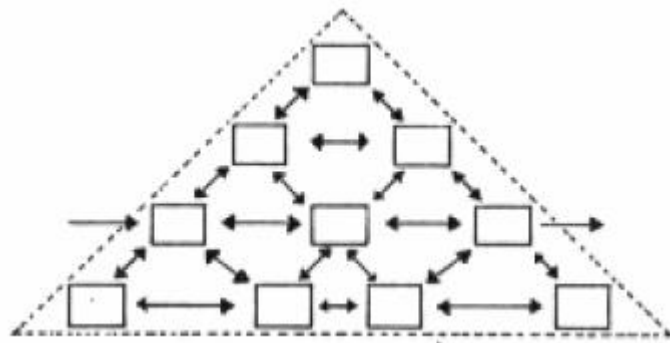
**Figura 3 – Configuração das disciplinas numa relação Interdisciplinar.**



Fonte: Japiassu (1976, p.74).

E por fim, em um nível além da interdisciplinaridade, encontra-se a transdisciplinaridade. Nele, todas as disciplinas e interdisciplinas são coordenadas em um sistema integrado, com uma finalidade comum, mas ainda com objetivos múltiplos em cada um de seus níveis hierárquicos. Uma representação deste nível encontra-se na Figura 4.

**Figura 4 – Configuração das disciplinas numa relação Transdisciplinar.**



Fonte: Japiassu (1976, p.74).

#### 2.4.4. Tipos de Interdisciplinaridade

Mesmo definindo os níveis de relações entre as disciplinas, o próprio conceito de interdisciplinaridade permite a sua diferenciação em vários tipos. Essa variação pode ocorrer dependendo do autor, época ou contexto a ser utilizado. Uma das disposições mais comuns, é aquela por ordem crescente de maturidade e complexidade das relações interdisciplinares, conforme propõe Heckhausen (1972, p.83-89, apud JAPIASSU, 1976, p.79). O autor separa a interdisciplinaridade em 5 tipos, a começar pela **Interdisciplinaridade Heterogênea**. Nela, não há um aprofundamento nos conceitos e suas relações, e possui um caráter enciclopédico ao fornecer as informações, afim de garantir uma formação ampla e geral. Porém, segundo o autor, este tipo de ensino é ingênuo e superficial, e cita como exemplo, as disciplinas nas universidades que utilizam outras como pré-requisito afim de unificar os conhecimentos.

O próximo tipo é chamado de **Pseudo-Interdisciplinaridade**. Neste, são realizadas tentativas de utilizar instrumentos próprios de algumas disciplinas, que por serem considerados “neutros”, todas as outras disciplinas devem recorrer aos mesmos. Porém, esta cooperação entre os conhecimentos não é suficiente para garantir uma integração teórica das disciplinas, mas apenas um empreendimento interdisciplinar, e que segundo Japiassu (1976), pode ser tachado de falso interdisciplinar. Um exemplo, seria como nos séculos XVIII e XIX, toda atividade científica se baseava nas modelagens atribuídas à Física (CARLOS, 2007).

Ao tomar emprestado os procedimentos e métodos de uma outra disciplina, pode-se, sim, obter informações e resultados válidos. Esta prática pode ser recorrente e durável, conforme a necessidade, pois uma disciplina se vê constantemente forçada a utilizar os métodos de outra. Como exemplo, Japiassu cita a pedagogia, que utiliza frequentemente a psicologia em seus estudos. Ainda assim, existe uma grande distância entre as disciplinas e uma integração teórica, pois a base de uma disciplina só é utilizada como suporte pela outra, neste caso, têm-se então a chamada **Interdisciplinaridade Auxiliar**.

Se os problemas a serem resolvidos forem grandes e complexos, tais como: guerra, fome, saúde pública, corrupção e etc. é necessário a união de vários

especialistas para que soluções possam ser sugeridas, dado o número de variáveis que o problema representa, e a sua mutabilidade histórica. A esta relação entre as áreas do conhecimento é dada o nome de **Interdisciplinaridade Compósita**. Porém, o que ocorre de fato é uma aglomeração de saberes, onde cada especialidade contribui da melhor maneira possível e com o seu objetivo em particular, visando uma finalidade maior. Pois cada área guarda sua autonomia e integridade de seus métodos. Pode-se citar como exemplo em sala de aula, o conceito de “caixa preta” (LATOURET, 2000), que representa as etapas do conhecimento científico, e de Ilhas de Racionalidade (PIETROCOLA, 2008), onde uma das etapas deste modelo é listar os especialistas e especialidades pertinentes.

Por fim, a **Interdisciplinaridade Unificadora** tem como papel garantir uma coerência entre as bases das disciplinas, ocorrendo uma integração de seus métodos e concepções teóricas. Como exemplo, Japiassu cita a disciplina da Biofísica, que é formada a partir de certas perspectivas da Biologia e um domínio da Física. Para o autor, esta é a forma legítima de interdisciplinaridade, porém, só é possível atingi-la através da pesquisa científica. No ensino, só seria possível

Na melhor das hipóteses, adaptar certos aspectos dos novos campos científicos interdisciplinares, como a Biofísica, e explorar os seus fundamentos e as relações entre tais conhecimentos disciplinares de maneira a gerar a compreensão de uma série de fenômenos biofísicos, ou seja, fenômenos que não seriam adequadamente compreendidos somente a partir da Física ou Biologia. (CARLOS, 2007, p.6)

Portanto, a Biofísica pode ser considerada um campo interdisciplinar que em sua essência possui as características de uma interdisciplinaridade unificadora. Porém, em um currículo multidisciplinar, sua presença não pode ser garantida, assim como a maneira que é inserida e utilizada pode ser diversa, flutuando entre os diferentes tipos de interdisciplinaridade apresentados.

## 2.5 BIOFÍSICA

A Biologia e a Física são duas disciplinas que possuem procedimentos e técnicas próprios, e embora muitas vezes uma se utilize das ferramentas que a outra lhe proporciona, quando se fala em Biofísica, geralmente não vem uma clara imagem sobre o que esta ciência trata (DURÁN, 2003).



Os currículos tradicionais da graduação fazem com que um físico pense nas disciplinas fundamentais, tais como mecânica, eletromagnetismo, mecânica estatística e quântica como suficientes para resolver problemas do mundo real, e muito do que vai além disso seria facilmente classificado como uma física aplicada. Isto ocorre em disciplinas como Astronomia, Física do Estado Sólido, Oscilações, e outros campos que pertencem por inteiro ao mundo da física. Crê-se que o mesmo aconteceria com a Biofísica, mas esta não se encontra integralmente na Física e muito menos na Biologia (CORSO, 2009).

Neste contexto, Glaser (2005) diz que “a Biofísica é uma ciência interdisciplinar que se encontra em algum lugar entre a Biologia e a Física” e que as relações entre elas não são apenas no nome, mas também se estende à Matemática e Química. Já Cauduro (2014), afirma que a partir da necessidade de compreensão mais detalhada do funcionamento dos sistemas biológicos, a Biologia foi buscar em outras áreas algumas técnicas e conhecimentos para aperfeiçoar seus modelos. Sendo assim a Biofísica é uma ciência que utiliza os princípios e leis da Física para compreender o funcionamento dos mecanismos do corpo humano, por exemplo. Uma outra perspectiva é dada por José Enrique Rodas Durán, em seu livro “Biofísica: fundamentos e aplicações, publicado pela editora Prentice Hall em 2003. Nele, o autor argumenta que como área de conhecimento interdisciplinar, a Biofísica tem estado em constante adaptação nas últimas décadas e por isso não é tão fácil defini-la. Porém, ao invés de fornecer uma definição, Durán prefere tratar sobre os assuntos estudados, como

Em escalas macroscópicas e microscópicas os fenômenos físico-biológicos que envolvem organismos vivos e, em nível molecular, os comportamentos resultantes dos vários processos da vida, além da interação e da cooperação entre os sistemas altamente organizados de macromoléculas, organelas e células. Os pré-requisitos para seu estudo são conhecimentos fundamentais de física, biologia, química, físico-química, bioquímica e cálculo diferencial e integral. (DURÁN, 2003, p.5)

Logo, parece muito mais fácil delimitar a área de atuação da Biofísica do que sua definição, pois ela está mais para um conjunto de técnicas e conhecimentos da Física utilizados para o entendimento de fenômenos na Biologia (CAUDURO, 2014). E para dar fim à esta discussão, muitos autores a colocam como uma área do conhecimento ou campo interdisciplinar, e então, se preocupam mais no seu objeto

de estudo do que com sua epistemologia. Segundo Corso (2009), uma outra variedade da Biofísica, é como disciplina de graduação de diversos cursos de área biológica e da saúde. Nestes cursos, o currículo da disciplina é adaptado de acordo com as necessidades específicas do mesmo, pois os objetivos de um aluno de biologia são diferentes daquele que cursa medicina, por exemplo.

A Biofísica como campo interdisciplinar engloba diversos conhecimentos específicos de outras disciplinas para que sejam utilizados em diversas áreas. Uma interdisciplinaridade auxiliar pode ser observada quando se utiliza técnicas que abordam os saberes da (s):

- Radiações Eletromagnéticas: para a compreensão do funcionamento de equipamentos que buscam o diagnóstico ou tratamento de doenças, tais como o câncer;
- Acústica: que busca entender o processo biológico do ouvir e da produção dos sons;
- Termodinâmica: ao tentar verificar como as trocas energéticas se aplicam aos sistemas biológicos;
- Óptica: ao explicar o funcionamento da estrutura ocular, pois cada tecido possui além de uma função biológica, uma função explicada pela física;
- Mecânica: que auxilia no entendimento dos sistemas mecânicos, ao considerar os organismos como máquinas;

A partir daí, surgem novas subáreas, sobretudo devido as relações interdisciplinares mais maduras entre a Biologia e a Física. Estas já produzem inúmeras contribuições ao unificar as duas disciplinas, e aparecem regularmente em livros de Biofísica, tais como em “*Biophysics*” de Roland Glaser, publicado em 2005 pela editora Springer, “Biofísica” de José Enrique Rodas Durán, publicado em 2003 pela editora Prentice-Hall, “Biofísica Básica” de Ibrahim Felipe Heinene, publicado em 2000 pela editora Atheneu, “Biofísica” de Flávia Porto, publicado em 2015 pela editora Seses e “Biofísica” de Eduardo Alfonso Garcia, publicado em 2009 pela editora Sarvier.

Pode-se citar como exemplo a biotermologia, que remete aos processos biofísicos envolvidos com as trocas de calor corporal (termogênese e termólise) e a

termorregulação (PORTO, 2015). A bioacústica, que analisa o funcionamento do sistema auditivo dos mamíferos e dos humanos, isto é, os estímulos sonoros que provocam as sensações auditivas e como estes são analisados e percebidos (DURÁN, 2003, p.227). Já quando ocorre a incidência de luz visível em células especializadas localizadas no interior dos olhos, uma interpretação físico-biológica da excitação provocada pela radiação eletromagnética se faz necessária, dando origem à biofísica da visão ou bio-óptica (GARCIA, 2009, p.247). Enquanto que os efeitos causados pelas emissões radioativas sobre a Natureza, sobretudo nos seres vivos, constituem o tema da Radiobiologia (HEINENE, 2000, p.365) ou também chamada de Biofísica das radiações ionizantes (GARCIA, 2009, p.275). E ainda existem outros exemplos como a biomecânica, a bioeletricidade, a biofísica da circulação sanguínea, biofísica da respiração, bio-magnetismo, bioluminescência e etc. (GLASER, 2005).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. CONCEPÇÃO DE PESQUISA

Para este trabalho, foi empregada uma abordagem qualitativa, pois o mesmo não visa uma representatividade numérica e sim um aprofundamento no fenômeno a ser estudado (KIRK & MILLER, 1986). Seu objetivo é de caráter exploratório, pois, de acordo com Guilhoto (2002), a mesma possui como característica obter o primeiro contato com a situação a ser pesquisada, buscando a descoberta através da flexibilidade e criatividade. A seguinte pesquisa pode ser classificada como uma Pesquisa Bibliográfica, visto que será feita através de um levantamento de referências teóricas que já passaram por uma análise (FONSECA, 2002).

O Universo a ser estudado contempla o segundo volume dos Livros Didáticos de Física de Nível Médio, do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015. Foram quatorze coleções aprovadas pelo edital vigente deste ano da disciplina de Física, totalizando quarenta e dois livros em 3 volumes por coleção.

Esta escolha metodológica, no que diz respeito ao ano do edital, ocorreu devido à facilidade de se encontrar os livros mais recentes nas Escolas Públicas em relação àqueles anteriores. Enquanto que em 2010, apenas se perguntava se a disciplina trazia alguma relação com outra área do conhecimento, deixando vago o nível de relacionamento entre elas (BRASIL, 2009). No edital de 2014, o termo “interdisciplinar” já aparece na ficha de avaliação dos livros. Já a respeito do volume, devido ao pouco tempo para análise dos livros, escolheu-se aquele no qual se espera encontrar a maior quantidade de conhecimentos pertencentes ao campo da biofísica. Majoritariamente, no segundo volume são tratados os conteúdos de Termologia e Calorimetria, Ondas, Acústica e Óptica, podendo ou não ocorrer variações dependendo da concepção dos autores.

### 3.2. ANÁLISE DE CONTEÚDO

A pesquisa foi realizada em três fases distintas de acordo com a Análise de Conteúdo, sendo o primeiro deles a pré-análise, seguida da exploração do material e por fim, o tratamento e interpretação dos resultados. A Análise de Conteúdo, de acordo com Laurence Bardin (2009), consiste, em um primeiro momento, na escolha dos materiais a serem utilizados, assim como na produção de hipóteses que auxiliarão na interpretação final. Após concluir as atividades referentes à primeira etapa, a exploração do material é a fase mais longa da análise, visto que, é nela em que ocorre a codificação do processo no qual o pesquisador cria unidades com características semelhantes e pertinentes, e nelas são inseridas as informações analisadas durante o trabalho. Por mais que esta seja a etapa mais trabalhosa, facilitará a última, no caso, o tratamento e a interpretação dos resultados através de quadros de análise, diagramas e modelos, que serão algumas das estratégias utilizadas (BARDIN, 2009).

Sendo assim, a Pré-Análise foi feita buscando em quais livros aparecem indícios de Interdisciplinaridade e, especificamente, no campo da Biofísica. A este procedimento, esperou-se, diminuir o conjunto amostral a ser analisado, assim como já possibilita a criação de hipóteses sobre como a Biofísica aparece nestes livros.

A segunda etapa foi realizada através da codificação das diferentes maneiras e dos assuntos abordados nos diferentes livros didáticos. Esperou-se poder comparar os modos que um mesmo assunto é tratado em diferentes livros de uma mesma disciplina, como por exemplo: De que maneira a visão humana é tratada nos Livros de Física?

Realizado o levantamento e a classificação, a terceira e última fase, a interpretação e análise dos resultados, foi conduzida através de uma síntese dos dados obtidos, assim como uma relação entre as inferências realizadas anteriormente e uma interpretação final. Isto serviu de base para orientar a questão de pesquisa inicial e responder de que maneira a Biofísica, como campo interdisciplinar, está presente nos Livros Didáticos de Física do PNLD de 2015.

### 3.3. INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

Baseando-se nas ideias de análise de conteúdo, proposta por Bardin (2009), foram estabelecidas algumas categorias para examinar os textos. Dentre elas, os critérios de análise serão feitos através das relações entre os conteúdos de Física e Biofísica, localizando-os em um dos tipos de interdisciplinaridade sugeridos por Heckhausen (1972). Também foram analisados os exemplos que aparecem de maneira isolada na estrutura do texto, como em *boxes* e sessões extras no final do livro e sugestões de pesquisa. Por fim, os exercícios e problemas, se os mesmos utilizam apenas conceitos de Física para serem resolvidos e se estão de acordo com aquilo proposto no texto base. Ao analisar estes critérios, esperou-se realizar um recorte de como a Biofísica se encontra nos Livros Didáticos de Física do PNLD como campo interdisciplinar.

O edital do PNLD de 2015 contempla quatorze coleções de diferentes autores e editoras, cada qual com suas particularidades. Esperava-se que todos os livros trouxessem indícios de interdisciplinaridade, pois este é um dos critérios para aprovação no edital (BRASIL, 2013, p. 63). Porém, como alguns livros dão ênfase em outras questões para realizar a sua abordagem, como História da Ciência, Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, Física do cotidiano e etc. Acreditava-se que este nível de interdisciplinaridade fosse diferente, e, portanto, a Biofísica em cada um deles deveria se apresentar de maneira distinta. Sendo assim, fez-se o Quadro 1 contendo todas as quatorze coleções, com uma listagem de seus respectivos autores, editora, ano de publicação, título, e um número para auxiliar na análise posteriormente.

Quadro 1 – Listagem dos Livros de Física aprovados no edital do PNLD de 2015.

#	Título da Coleção	Editora	Autor (es)	Ano
1	Compreendendo a Física	Ática	Alberto Gaspar	2013
2	Física	Positivo	Alysson Ramos A. Marlon Wrublewski	2013
3	Física – Conceitos e Contextos: Pessoal, Social Histórico	FTD	Maurício Pietrocola Alexander Pogidin Renata de Andrade Talita Raquel R.	2013
4	Física	Ática	José Roberto C. P. Wilson Carron José Osvaldo S. G.	2013
5	Física Aula por Aula	FTD	Claudio Xavier Benigno Barreto	2013
6	Física Contexto & Aplicações	Scipione	Antônio Máximo Beatriz Alvarenga	2013
7	Física Interação e Tecnologia	Leya	Aurélio Gonçalves F. Carlos Toscano	2013
8	Física para o Ensino Médio	Saraiva	Luiz Fuke Kazuhito Yamamoto	2013
9	Ser Protagonista Física	SM	Angelo Stefanovits	2013
10	Física	FTD	Bonjorno Clinton Eduardo Prado Casemiro Regina de F. S. A. B. Valter Bonjorno	2013
11	Quanta Física	Pearson	Carlos Aparecido K. Lilio Afonso P. Jr. Luís Carlos de Menezes Marcelo Bonetti Osvaldo Canato Jr.	2013
12	Física	Saraiva	Ricardo Helou D. Newton Villas Bôas Gualter José B.	2013
13	Conexões com a Física	Moderna	Gloria Martini Walter Spinelli Hugo Carneiro Reis Blaidi Sant'Anna	2013
14	Física Ciência e Tecnologia	Moderna	Carlos M.A. Torres Nicolau G. Ferraro Paulo Antonio de T. S. Paulo Cesar Martin P.	2013

Fonte: Autoria Própria, com referência em DIDÁTICOS, GUIA DE LIVROS, 2014.

Os critérios de análise dos livros didáticos serão aplicados dadas as particularidades de cada uma das áreas que a Biofísica contempla. Como serão analisados apenas o Vol. 2 de cada coleção, onde encontra-se os conteúdos de

termologia e calorimetria, ondulatória, acústica e óptica, as análises serão separadas por área:

- Biotermologia.
- Bioacústica.
- Bio-óptica.

. Um tipo de instrumento bastante utilizado neste tipo de pesquisa é o questionário baseado na escala Likert (Gil, 2010). Esta escala possui categorias ordinais, que quando em número ímpar, a categoria central geralmente representa uma indecisão, e os outros extremos opiniões positivas e negativas. No caso desta pesquisa os extremos representarão a proporção com que determinadas características são observadas nos livros



## 4. ANÁLISES E RESULTADOS

### 4.1. PRÉ-ANÁLISE

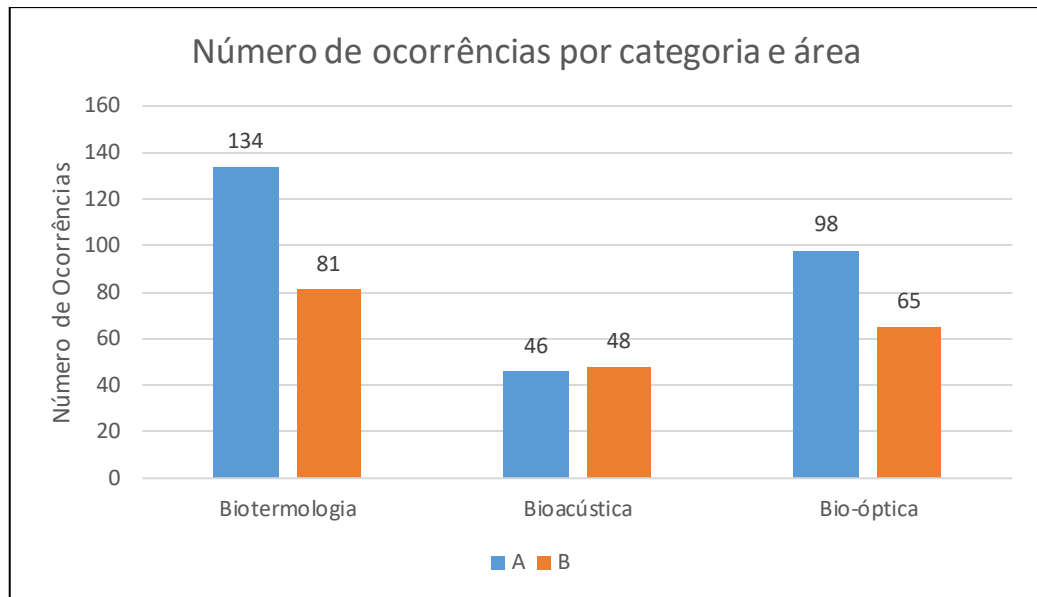
Num primeiro momento foi realizada uma pré-análise dos quatorze livros didáticos que compõe o segundo volume de cada uma das coleções. Para facilitar a compreensão e a visualização das relações interdisciplinares, todos os indícios de participação da Biofísica nestes livros didáticos foram selecionados para uma análise mais aprofundada e uma comparação, a serem feitas posteriormente. Foi montado, então, o Quadro 2 com algumas das características encontradas neste processo. Cada uma das áreas foi analisada em 2 categorias, sendo “**A**” se os livros possuem indícios de Interdisciplinaridade com a Biofísica em seu texto principal, *boxes* ou em seções separadas. E “**B**” se o livro possui exercícios e problemas que contemplam a Biofísica de alguma maneira. Os números do Quadro 2 representam a quantidade de vezes que se identificou a presença daquela área da Biofísica em alguma das categorias.

Quadro 2 – Pré-Análise dos Livros Didáticos.

#	Bietermologia		Bioacústica		Bio-óptica	
	A	B	A	B	A	B
1	5	4	6	2	6	3
2	12	8	4	3	12	4
3	4	0	1	0	2	0
4	20	17	6	10	8	9
5	9	10	0	0	9	5
6	12	3	4	5	3	3
7	4	2	0	0	5	4
8	11	2	2	0	8	6
9	8	10	5	8	3	3
10	2	2	3	5	4	1
11	18	15	6	8	10	10
12	5	4	2	4	12	7
13	12	2	4	1	7	5
14	12	2	3	2	9	5

Fonte: Autoria Própria.

A partir daí, elaborou-se o Gráfico 1 com o número de ocorrências totais para cada categoria (A ou B), afim de comparar a frequência com que cada uma das três áreas aparece nos livros.

**Gráfico 1 – Pré-Análise dos Livros Didáticos.**

**Fonte: Autoria Própria.**

Ao realizar o levantamento de quais livros didáticos haviam indícios de interdisciplinaridade com a Biofísica, percebe-se que dentre as três áreas analisadas, a que possui um menor número de ocorrências é a Bioacústica. Isto ocorre principalmente quando se trata da sua inserção no texto principal do livro, pois aparece mais vezes como curiosidade em boxes e sugestões de leitura complementar, do que como parte do conteúdo essencial. Ao compará-la com sua área afim, a Bio-óptica, pois ambas estão associadas com um dos sentidos, infere-se que a óptica da visão é muito mais recorrente, visto que foi abordada em todos os livros, podendo até ser considerada um conceito inevitável nos livros didáticos.

Ao contrário do que se esperava, a Biotermologia teve mais ocorrências do que as outras duas áreas analisadas, tanto no corpo principal do texto quanto nas questões. Porém, isto pode se dar ao fato de a Óptica da Visão possuir, quase que em todos os livros, um capítulo apenas para si, o que a levou a ser contada apenas uma vez, enquanto que a cada vez que o texto fazia menção à Biotermologia, a mesma era contada em mais uma ocorrência por não ser o objeto principal de estudo daquele capítulo. A Bio-óptica, em contrapartida, era contada mais uma vez, apenas quando o texto retornava a um domínio da Física e voltava a se utilizar dela para dar continuidade ao conteúdo.

## 4.2. CODIFICAÇÃO

Para analisar de que maneira a Biofísica está presente nos Livros Didáticos do PNLD de 2015, foi criado um quadro comparativo para cada uma das três áreas de conhecimento e seus respectivos critérios já estabelecidos.

Para auxiliar nos grupos A e B, utilizou-se quadros estruturados em uma escala Likert com o objetivo de verificar o grau de integração entre as disciplinas conforme a frequência de cada uma das características. O grau de recorrência estabelecido foi de Sempre (S), quando houvesse 100% de recorrência, Quase Sempre (QS) entre 99% e 66%, Às vezes (AV) entre 66% e 33%, Quase Nunca (QN) entre 33% e 1% e Nunca (N) para 0%.

Sempre que no texto se fazia menção à Biofísica, seja como exemplo de aplicação ou uma relação interdisciplinar mais abrangente, aquele trecho foi analisado quanto às 5 características da categoria A presentes no Quadro 3. Para cada uma delas, foi respeitado se aquela ocorrência possuía ou não aquela característica, e a partir daí, pela proporção das respostas, o livro se enquadrava em um grau de recorrência.

**Quadro 3 – Interdisciplinaridade no texto principal**

<b>Categoria A</b>	<b>S</b>	<b>QS</b>	<b>AV</b>	<b>QN</b>	<b>N</b>
A1) A Biofísica aparece em <i>boxes</i> e seções separadas do texto principal.					
A2) Os conceitos de Biofísica são aprofundados.					
A3) São utilizadas imagens para exemplificar os conceitos de Biofísica.					
A4) O texto utiliza a Biofísica para introduzir/encerrar um conteúdo de Física.					
A5) O texto fornece sugestões de leitura complementar ou experimentos relacionados à Biofísica.					

Fonte: Autoria Própria.

Para a primeira característica (A1) foi considerado como “seções separadas” qualquer citação que estivesse em uma parte distinta do texto principal, como as abas

da página, estando ou não dentro de caixas, ou então seções específicas para interdisciplinaridade, aplicações ou sugestões de leitura e pesquisa.

Já a segunda característica (A2) julga se o texto contém informações além daquelas discutidas na Física, mas não com um caráter enciclopédico, mas sim, explicando o funcionamento e as razões pelas quais o fenômeno ocorre do ponto de vista da Biofísica.

Caso tudo isso esteja sendo auxiliado pelo uso de imagens e figuras, marcou-se a terceira característica (A3). Pois acredita-se que muitos livros utilizem imagens para relacionar os conteúdos e adicionam uma breve explicação em sua legenda.

A quarta (A4) serve para identificar tanto a posição quanto a função que o autor deu à inserção dos assuntos de Biofísica no texto, pois pode servir para iniciar um conteúdo, tendo então um papel motivador dentro do texto. Ou então para encerrar, dando a ideia de que a Biofísica seja uma aplicação deste conteúdo da Física.

Por fim (A5), pode ser que aquele assunto trazido dentro do texto não tenha sido abordado com um nível de aprofundamento ideal, e por isso, se faz necessário indicar textos, pesquisas ou experimentos para complementar as ideias, ainda mais se o aluno se interessar pelo tema.

Caso a relação interdisciplinar com a Biofísica ocorresse durante as questões, problemas ou atividades investigativas, as mesmas foram examinadas de acordo com às 4 características presentes no Quadro 4, marcando-se também o número de recorrências para cada um dos livros, com o mesmo critério explanado anteriormente.

**Quadro 4 – Interdisciplinaridade nos exercícios e problemas.**

<b>Categoria B</b>	<b>S</b>	<b>QS</b>	<b>AV</b>	<b>QN</b>	<b>N</b>
B1) As questões necessitam de conhecimentos de Biofísica que não são fornecidos no enunciado.					
B2) As questões utilizam apenas os conhecimentos de Física para a sua resolução					
B3) As questões interdisciplinares se encontram separadas das outras questões.					
B4) Os conceitos de Biofísica já haviam sido apresentados no texto principal.					

Fonte: Autoria Própria.

Para a análise das questões, a primeira característica (B1) a ser observada era se a questão era autossuficiente nas informações, isto é, se o aluno conseguiria resolvê-la apenas com as informações fornecidas no enunciado ou no texto suporte da mesma. E com isso, julgou-se se é necessário ou não, ir em busca de informações não contidas nestes lugares.

A segunda característica (B2) diz que se as questões se utilizam da Biofísica apenas como um contexto para mais uma questão de Física. Pois o enunciado pode apenas situar o aluno em uma região de fronteira entre as disciplinas, porém o mesmo está voltado exclusivamente para a Física.

Uma outra maneira de identificar como o autor enxerga a interdisciplinaridade é pela localização das questões (B3). Algumas aparecem ao fim dos *boxes* e seções extras, com o objetivo de concluir aquele módulo e utilizando-se de informações que foram trazidas no mesmo local. Ou então se aparecem juntas as demais questões do livro, podendo ou não fazer referência a algo trabalhado anteriormente.

E por último, mas não menos importante, é interessante perceber se o autor teve o cuidado de selecionar as questões que estejam coerentes com aquilo abordado no corpo principal do texto (B4). Em razão de simplesmente colocar as questões sem fazer menção alguma àquele conhecimento, pode-se dar a impressão de que não é importante aprofundar-se sobre aquele assunto, ou então que a Biofísica se situa apenas como uma aplicação da Física.

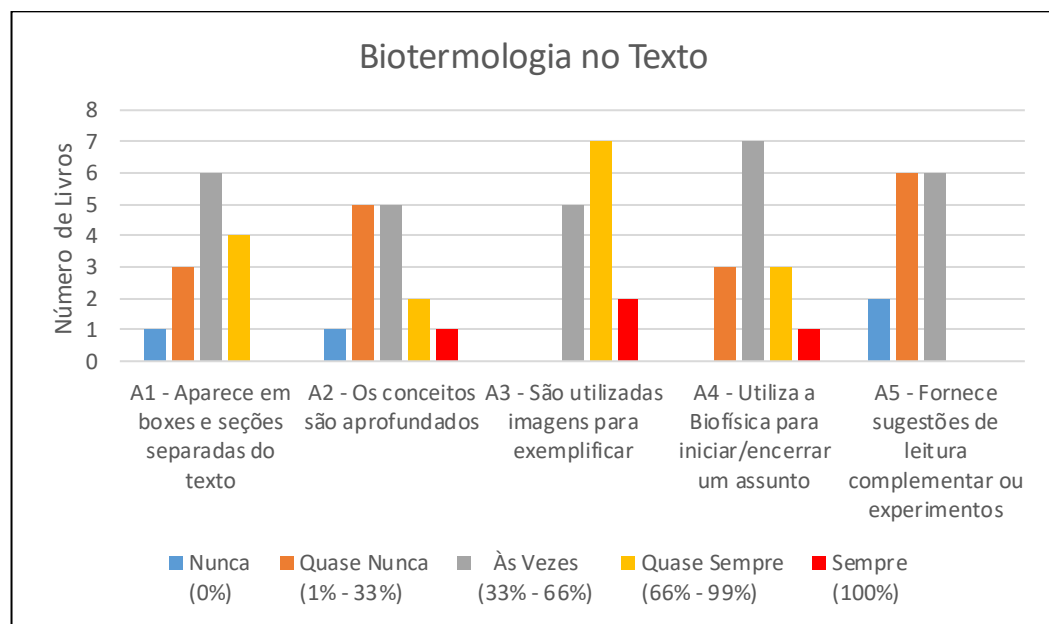
### 4.3. ANÁLISE

Tratar-se-á agora dos resultados obtidos através das características acima, mas inicialmente os resultados serão apresentados por área, para por fim, serem comparados e analisados com o campo disciplinar que formam.

#### 4.3.1. A Física e a Biotermologia

Em um primeiro momento percebe-se alguns padrões dentre os Livros Didáticos, mesmo cada um com suas particularidades, e cada autor que explicitamente prioriza uma abordagem diferente dos outros. Uma visão geral a respeito de como a Biotermologia aparece no corpo principal pode ser conferida no gráfico 2.

**Gráfico 2 – Biotermologia: características do texto.**



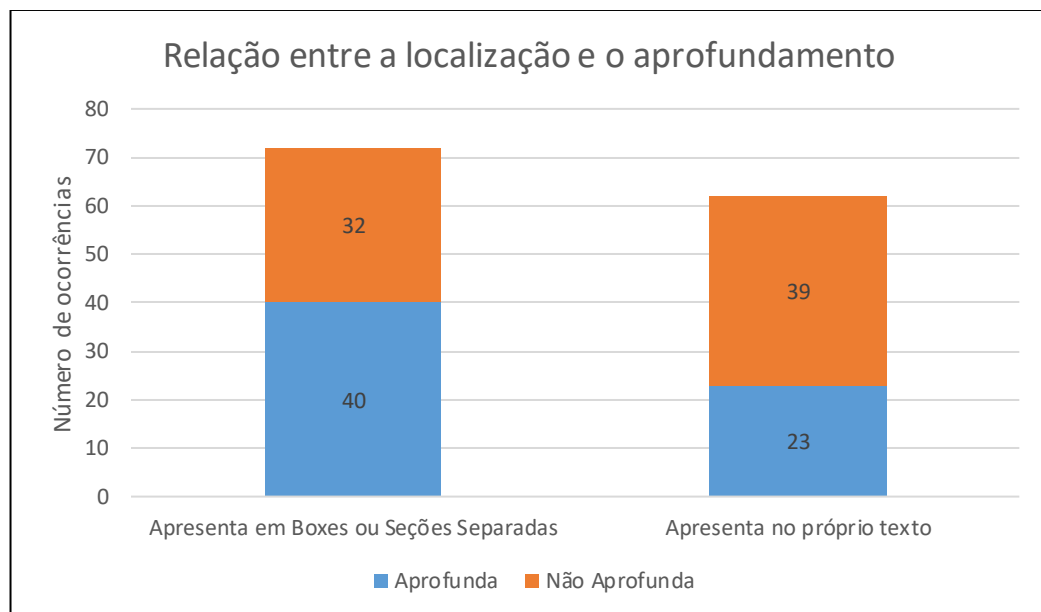
**Fonte: Autoria Própria.**

A partir do gráfico 2 e analisando as características A1, sobre posição no texto principal, e A4, se o texto utiliza a Biofísica para introduzir ou encerrar um assunto, pôde-se afirmar que praticamente metade dos livros não possuíam uma posição bem definida sobre como introduzir a Biotermologia em seu texto. Em poucos livros houveram sugestões de leitura complementar e experimentos relacionados à

Biotermologia (A5). E quase sempre os livros utilizaram de imagens para exemplificar os conceitos, como pôde ser visto na característica A3.

A partir disso, deve-se então analisar minuciosamente quais as relações entre duas ou mais características para cada livro. Um comportamento interessante foi observado no Gráfico 3 ao cruzar A1 e A2, que dizem sobre a localização e o aprofundamento dos conceitos, respectivamente.

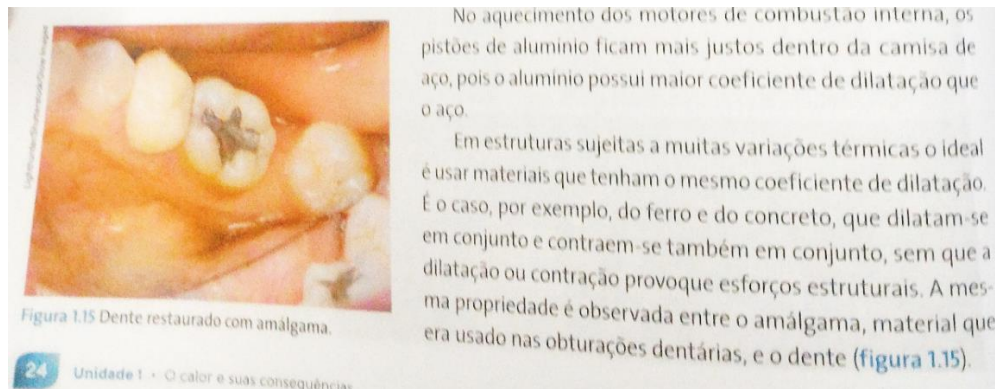
**Gráfico 3 – Biotermologia: localização no texto e o aprofundamento dos conceitos.**



**Fonte: Autoria Própria.**

Quando a Biotermologia é apresentada no próprio texto, em 62% dos casos a mesma não é aprofundada, sendo apresentada apenas como curiosidade ou exemplo de aplicação daquele conteúdo da Física. Pode-se citar o amálgama dentário como um dos casos mais recorrentes para este comportamento, principalmente quando se tratava de dilatação térmica. Porém em poucos livros o assunto foi aprofundado, sentindo-se falta de uma discussão sobre quais os materiais que participam de sua composição e os riscos à saúde do paciente. Um exemplo disto é a figura 5, onde no Livro 4 o autor traz o conceito no próprio texto (A1), não aprofunda em relação à Biofísica (A2), utiliza-se de uma imagem para exemplificar o assunto (A3), embora o mesmo não seja abordado para iniciar/encerrar o módulo (A4) e, por fim, não fornece sugestões de leitura para que o aluno se aprofunde no assunto (A5).

**Figura 5 – Amálgama dentário como exemplo de aplicação da Dilatação Térmica.**



Fonte: Piqueira, Carron, Guimarães (2013, p.24)

Na termometria, alguns livros traziam a influência da temperatura no corpo humano, e como a elevação da mesma pode ser um sintoma de doenças mais graves, sendo que por exemplo nos livros 2 e 9, os autores realizaram uma discussão sobre as diferenças entre Hipotermia e Hipertermia relacionando os conceitos de Física e Biologia. Outro assunto que obteve um grande índice de recorrência durante os processos de trocas de calor foi como a temperatura dos corpos pode ser mensurada através da irradiação térmica, chegando-se a discutir a influência das orelhas dos elefantes no processo de termorregulação, onde os livros 1 e 3 trouxeram a mesma imagem termométrica, no qual o livro 1 em um parágrafo conseguiu explicar que a grande quantidade de veias nas orelhas, que por serem finas ficam próximas a superfície da pele, facilitando assim as trocas de calor com o ambiente e a baixar a manter a temperatura corporal do grande animal em um valor mais ameno. Porém o livro 3 não se aprofundou sobre o assunto, conforme pode ser observado na Figura 6.



**Figura 6 – Termograma de um elefante.**



**Fonte: Pietrocola (2013, p.143).**

Já na calorimetria, relacionou-se a caloria alimentar com as quantidades de energias térmicas trocadas entre corpos. Alguns livros pediam inclusive para que os alunos realizassem uma pesquisa sobre a relação entre gordura corporal e a quantidade de energia gasta durante alguns exercícios, enquanto que outros abordaram de maneira mais aprofundada como a termorregulação acontece no corpo humano e como a mesma interfere nos ganhos e perdas de energia térmica ao decorrer de um dia. Um exemplo de como esta relação aparece de maneira superficial em *boxes*, pode ser observada na Figura 7, onde o autor utiliza-se apenas de dados de informações nutricionais de alimentos, dietas e exercícios para exemplificar como a unidade de caloria está presente em outras áreas e se diferem em seus valores..

Figura 7 – Box sobre Caloria Alimentar (Cal).

**Caloria alimentar (Cal)**

Nas embalagens de alimentos, normalmente encontramos a equivalência energética de uma porção. Essa energia vem expressa em kcal (quilocaloria) ou em Cal (caloria alimentar ou grande caloria), que são equivalentes.

1,0 Cal = 1,0 kcal

Ao lado, observamos uma tabela retirada da embalagem de uma caixa de aveia.

Apesar de não vir mencionado na embalagem, a unidade utilizada é a caloria alimentar (Cal), que equivale a  $10^3$  calorias ou a 1 quilocaloria (kcal).

Assim, cada 100 gramas dessa aveia têm capacidade energética equivalente a 390 Cal (390 kcal).

Uma pessoa geralmente precisa, em média, de 2500 kcal/dia para suas necessidades básicas. Um atleta necessita de uma quantidade maior que a citada e uma pessoa sedentária necessita de uma quantidade menor.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL	
Cada 100 g de aveia contém em média:	
Carboidratos	60 g
Proteínas	12 g
Gordura	10 g
Fibras alimentares	10 g
Cálcio	30 mg
Fósforo	130 mg
Ferro	2,1 mg
Vitamina B1	0,2 mg
Vitamina B2	0,08 mg
Sódio	1,0 mg
Niacina	1,0 mg
<b>Calorias</b>	<b>390</b>

**CONTÉM GLÚTEN**  
**Ingrediente:** Aveia 100% natural.

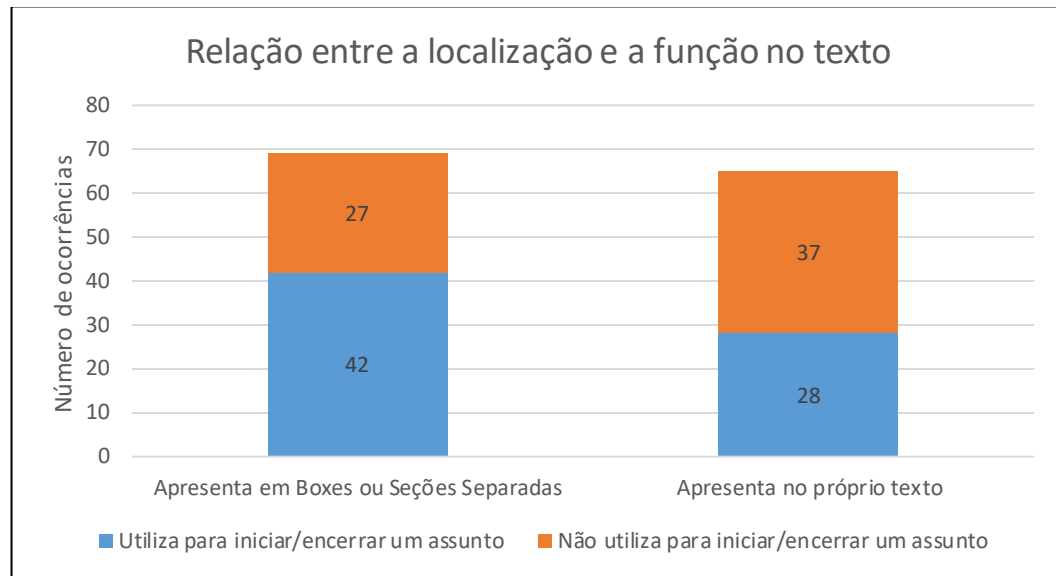
**CONSERVAR EM LUGAR SECO E AREJADO**

Fonte: Dados fornecidos pelo fabricante.

Fonte: Doca, Bôas, Biscuola (2013, p.20).

Muitos desses conceitos da Biotermologia foram utilizados como motivadores para iniciar as discussões a respeito das trocas de calor ou concluir as unidades de calorimetria. Por isso, é interessante analisar qual a relação existente entre a localização no texto (A1) e a função relativa ao progresso da unidade (A4) através do Gráfico 4.

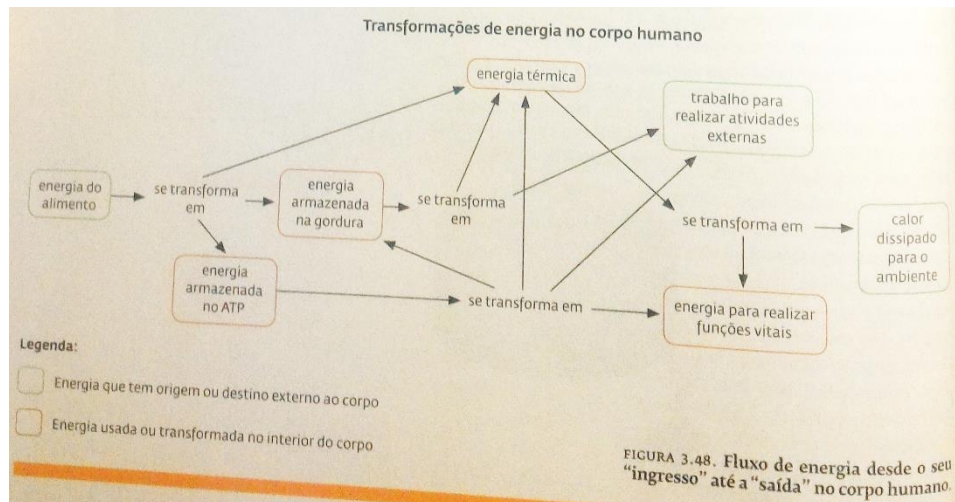
**Gráfico 4 – Bioterminologia: localização e a função apresentada no texto.**



**Fonte: Autoria Própria.**

Neste caso a relação entre a localização no texto e o objetivo dos autores em utilizar a Biofísica fica ainda mais evidente no gráfico 4. Pois quando as informações são diluídas no próprio texto, geralmente não são utilizadas para motivar um assunto ou então encerrá-lo. Ao contrário da utilização em *boxes* e seções separadas, pois na maioria destes casos servem para concluir as ideias apresentadas anteriormente ou então introduzir um assunto de maneira menos tradicional. Um exemplo disso é a Figura 8, que demonstra um fluxograma utilizado em uma seção interdisciplinar, que ocorre no final de cada capítulo do Livro 6. Nele o aluno pode perceber como as trocas de energia relacionam conceitos vistos nas disciplinas de Física (Energia Térmica), com outros que devem ser vistos em Biologia (Energia armazenada no ATP, gordura e alimentos).

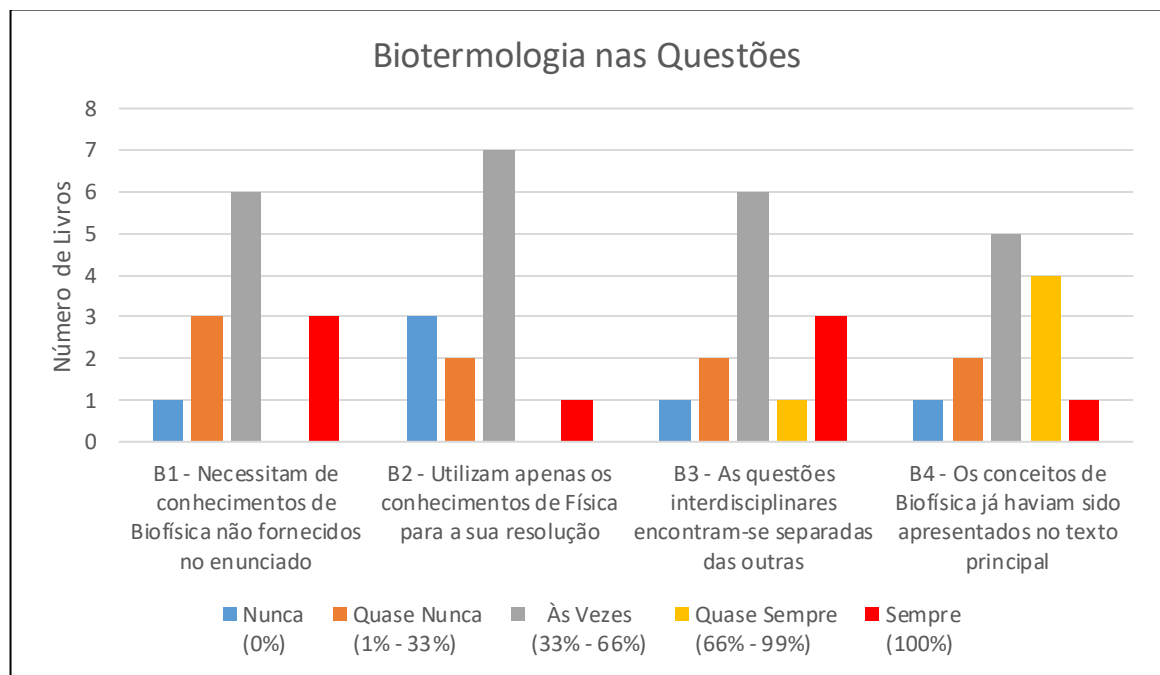
**Figura 8 – Transformações de energia no corpo humano.**



Fonte: Máximo, Alvarenga (2013, p.102).

Já a respeito das questões que abordaram os tópicos da Biotermologia, realizou-se a caracterização dos livros didáticos conforme o quadro 4, obtendo-se o gráfico 5, com o número de livros que apresentam determinado grau de recorrência de certas características nas questões.

**Gráfico 5 – Biotermologia: características das questões.**



Fonte: Autoria Própria.

Percebeu-se que quanto à utilização da Biotermologia nas questões e problemas, em poucos livros as questões necessitavam apenas de conhecimentos de Física para serem resolvidas (B2). Fez-se uma contagem do número de ocorrências dentre todos os livros, o que demonstrou que, no geral, em 69% delas era necessário utilizar-se de conceitos da Biotermologia para a sua resolução.

Quanto à localização, as questões interdisciplinares demonstraram estar divididas quase que igualmente entre seções específicas e entre as outras questões, conforme pôde ser observado na característica B3 do Gráfico 5. Já quanto a apresentação dos conceitos anteriormente (B4), em sua maioria esta característica foi confirmada, sendo que em apenas 3 livros os conceitos praticamente não eram abordados fora das questões.

A figura 9 traz um bloco de questões que fazem parte da mesma seção interdisciplinar da qual a figura 8 foi retirada. Neste caso, as questões necessitavam de informações que não foram fornecidas no enunciado (B1), não utilizavam conceitos apenas da física para a sua resolução (B2), encontravam-se separadas das outras questões do livro (B3) e, por fim, os conceitos de Biofísica já haviam sido abordados anteriormente no texto (B4).

**Figura 9 – Exercício de Biotermologia e Calorimetria.**

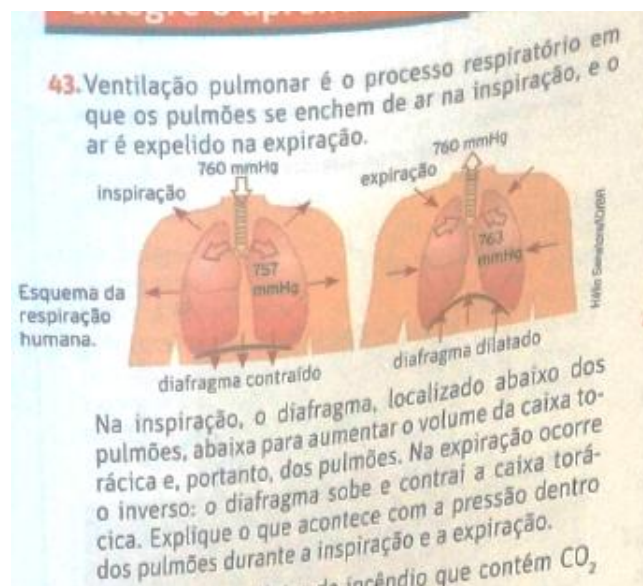
**PESQUISE E RESPONDA**

1. Pesquise na internet a quantidade de:
  - a) energia disponível para utilizarmos quando "queimamos" 1 kg de gordura do nosso corpo.
  - b) quilocalorias disponíveis quando ingerimos 200 gramas de batata frita;
  - c) energia gasta quando nadamos (na modalidade *crawl*) por 1 hora.
2. Danilo costuma consumir uma dieta calórica estável, porém, em determinado dia, exagerou e consumiu 200 gramas extras de batata frita. Considere que a perda de calor do corpo de Danilo para o ambiente tenha valor constante e que os pressupostos necessários para aplicação da primeira lei da Termodinâmica ao nosso corpo sejam válidos.
  - a) Quanto tempo Danilo precisará nadar *crawl* para compensar seu exagero?
  - b) Qual a altura da escada que ele deveria subir para compensar seu exagero, se não quisesse nadar? (Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
  - c) Caso não realize atividades físicas, como nadar ou subir escadas, quantos gramas de gordura o corpo de Danilo vai acumular?



É válido ressaltar que dentro da Termodinâmica, em nada os autores utilizaram-se da Biofísica para relacionar os conteúdos durante o texto, mas no Livro 9 em alguns exercícios as discussões foram trazidas à tona. As questões tratavam de como as transformações gasosas se relacionam com os processos de respiração e expiração e quais os possíveis danos que poderiam ocorrer ao prender a respiração durante um exercício de apneia. Todas essas discussões foram evidenciadas exclusivamente nas questões, sendo para elas, os conceitos específicos de Biotermologia, praticamente indiferentes para sua resolução, conforme pode se observar nas figuras 10 e 11.

**Figura 10 – Exercício sobre Ventilação Pulmonar.**



Fonte: Stefanovits (2013, p.85)

**Figura 11 – Exercício sobre apneia.**

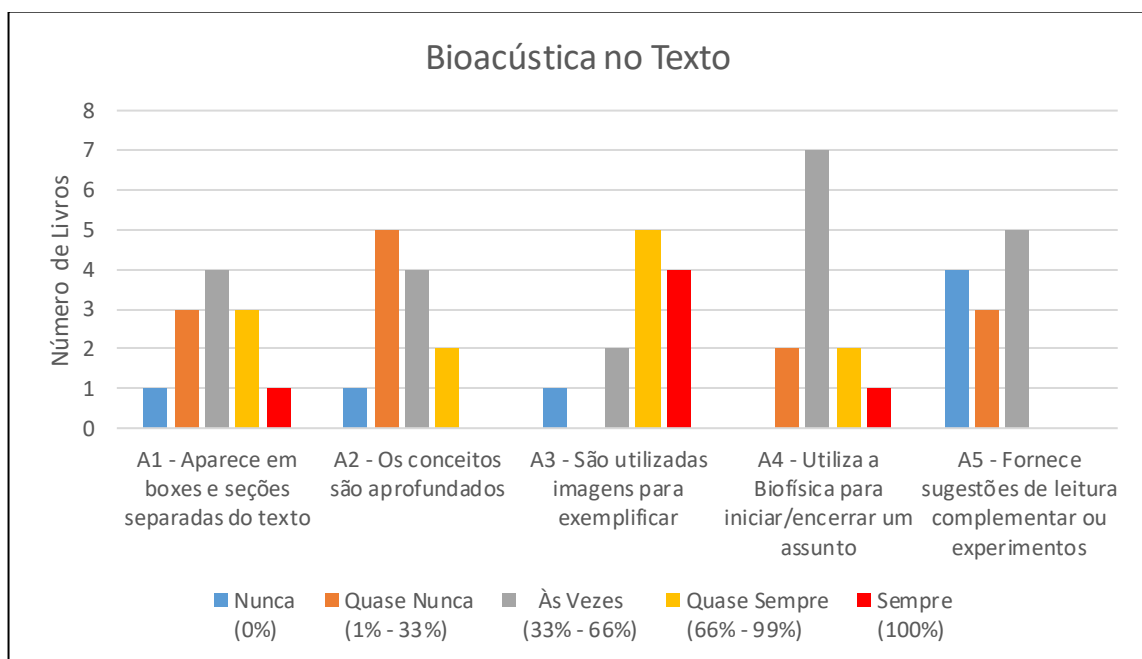
1. Mergulho em apneia é uma modalidade de mergulho sem tubo respirador na qual o atleta retém nos pulmões uma quantidade suficiente de oxigênio antes de mergulhar. À pressão de 1 atm, o volume dos pulmões de uma pessoa adulta é aproximadamente 5 litros, e a temperatura do ar dentro dos pulmões não entra em equilíbrio térmico com a água, já que uma das funções do metabolismo humano é impedir a variação da temperatura interna do corpo. Calcule a variação de volume que os pulmões de um adulto sofreriam num mergulho em apneia a 15 metros de profundidade caso não fossem protegidos pela caixa torácica. Para isso, considere que a pressão da água aumenta 1 atm a cada 10 metros de profundidade e que o ar nos pulmões é um gás ideal.

Fonte: Stefanovits (2013, p.90)

#### 4.3.2. A Física e a Bioacústica.

A Bioacústica foi a área em que menos se encontrou relações interdisciplinares nos livros de Física do PNL D de 2015 quando comparada às outras duas. Porém, sua pouca recorrência nos livros didáticos não resultou numa mudança muito acentuada das características que o texto carrega, principalmente quando comparado à Biotermologia, por exemplo. Pois somente às vezes os conceitos eram apresentados em *boxes* ou seções separadas (A1), e de vez em quando utilizava-se da Bioacústica para introduzir/encerrar um assunto (A4). Quanto às sugestões de leitura complementar (A5), quase nunca foram identificadas nas ocorrências observadas, ao contrário do uso de imagens para exemplificar os conceitos (A3), que em apenas um livro foi uma característica não encontrada. Todos esses comportamentos podem ser verificados no Gráfico 6.

**Gráfico 6 – Bioacústica: características do texto.**



**Fonte: Autoria Própria.**

Dentro da Bioacústica, a audição humana recebeu um tratamento especial quando comparada aos outros tópicos que também foram abordados. A fisiologia do processamento auditivo foi referenciada em 7 dos 14 livros analisados. Sendo que destes que continham o tópico, em apenas 4 o assunto foi devidamente aprofundado,

pois nos outros 3 o máximo que se obteve foi uma imagem com a nomenclatura das estruturas, conforme a Figura 12 demonstra.

**Figura 12 – Estrutura Interna da Orelha.**



**Fonte: Torres (2013, p.171).**

Outro assunto recorrente nos Livros Didáticos e que pertence a este campo é a Ecolocalização, que por sua vez foi tão superficialmente tratado quanto o tópico anterior, sendo discutido melhor em apenas 4 dos 14 livros aprovados no edital. Destes, em 3 deles esta abordagem foi trabalhada em uma seção diferente, com o objetivo de encerrar o módulo. De resto, imagens foram empregadas para contextualizar os alunos sobre uma aplicação do Eco e da Reverberação.

E por fim, o último tópico que contempla a Bioacústica que estava presente nos Livros Didáticos foi a ultrassonografia. Entre todos os livros analisados, nenhum deles aprofundou os conhecimentos, explicou o funcionamento ou então sugeriu atividades de pesquisa para tal. Simplesmente aqueles que faziam alusão ao procedimento, utilizavam-se de imagens para situar o aluno durante o tópico do limiar de audição humana. A figura 13 exemplifica este modelo trazendo as informações em um *box* na sequência do texto principal, citando várias outras aplicações do exame, porém em todas, não se aprofunda.



**Figura 13 – Aplicações do Ultrassom.**

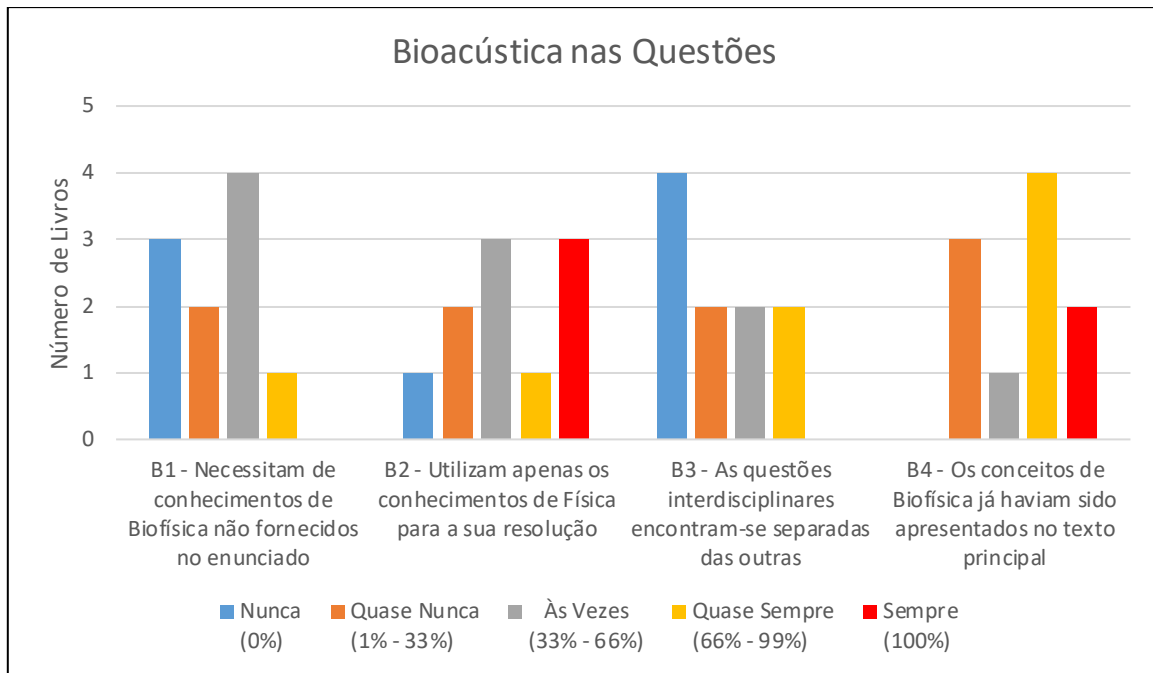


Fonte: Artuso (2013, p.297).

É válido ressaltar a tentativa isolada presente no Livro 8 de se aprofundar sobre a Bioacústica. Nela, o autor traz na íntegra um artigo que trata a respeito dos efeitos da poluição sonora no corpo humano, agregando ainda, algumas tabelas de outras fontes. Ao fazer isso no final do capítulo, crê-se que quase todos os conhecimentos físicos de acústica podem ser relacionados nesta seção, desde intensidade e qualidades sonoras à fisiologia do processamento auditivo.

No que diz respeito às quarenta e oito questões encontradas nos livros, a interdisciplinaridade se faz menos presente na sua forma cooperativa, como nos casos da interdisciplinaridade heterogênea e pseudo-interdisciplinar. Em quase 73% das questões com indícios de interdisciplinaridade, utilizava-se apenas da Física para a sua resolução (B2), sendo a Bioacústica apenas um artifício para contextualizar o aluno em alguma situação do cotidiano ou para fugir do tradicionalismo, conforme pode ser observado no Gráfico 7.

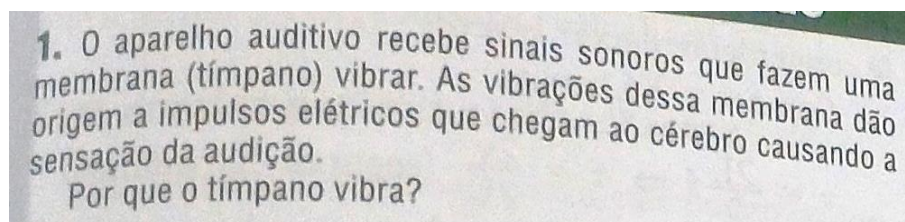
Gráfico 7 – Bioacústica: características das questões.



Fonte: Autoria Própria

Um exemplo de questão que quase foge desta característica se encontra na Figura 14. A mesma não se encontra separada das outras questões do capítulo (B3), mas ainda assim necessita de um pouco de conhecimento de Bioacústica para ser resolvida, o mesmo não é fornecido pelo enunciado (B1), embora tenha sido apresentado anteriormente no texto (B4) e não pode ser respondida apenas com conhecimentos da Física (B2).

Figura 14 – Exercício de Bioacústica.



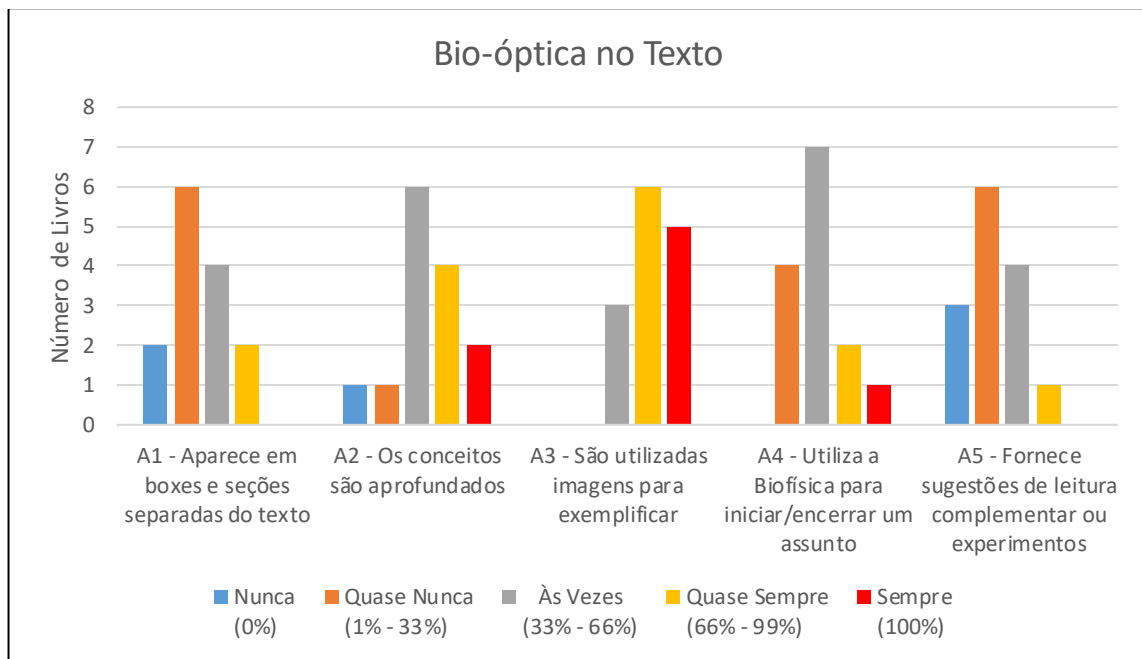
Fonte: Doca (2013, p.173).

### 4.3.3. A Física e a Bio-óptica

Quando se pensa em Bio-óptica e Física é quase que inevitável pensar na Óptica da Visão humana, isto é, o funcionamento e a fisiologia do olho humano, mas a Bio-óptica pode ser um pouco mais abrangente do que isso. Por exemplo na medicina, em que a fibra óptica desempenha um grande papel em exames diagnósticos.

Verificou-se que tanto os casos citados quanto os outros que a bio-óptica abrange, estão presentes nos textos e exercícios propostos pelos Livros Didáticos. Segregando-se mais uma vez as questões dos conceitos presentes no corpo principal, chegou-se aos graus de recorrência apresentados no Gráfico 8.

**Gráfico 8 – Bio-óptica: características do texto.**

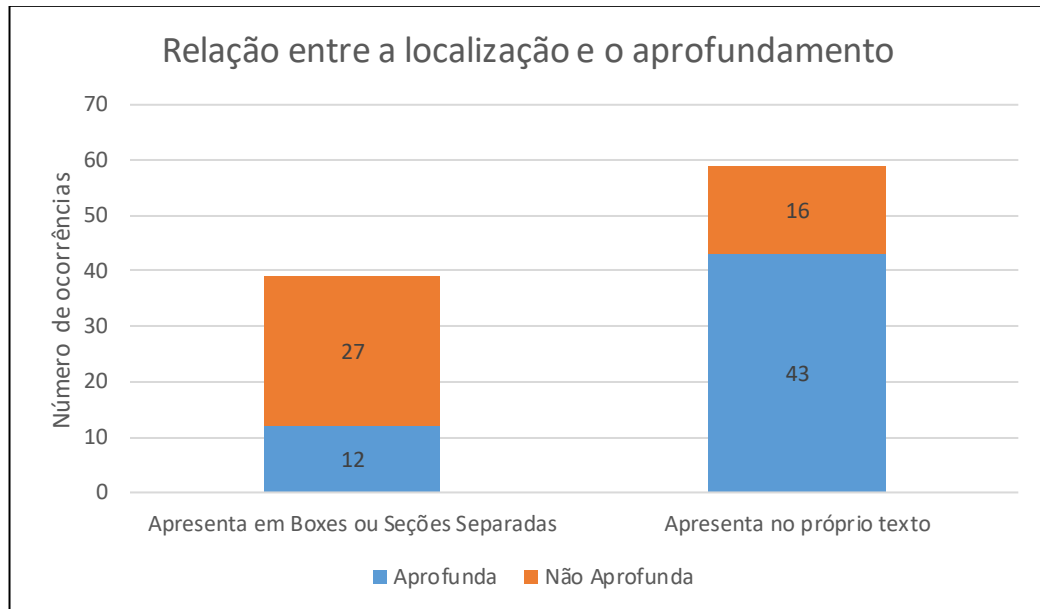


**Fonte: Autoria Própria.**

A Bio-óptica configurou-se como a área mais aprofundada dentre as três analisadas, pois em grande parte dos livros, seus conteúdos são discutidos no texto principal (A1) e quase sempre são aprofundados (A2), deixando a desejar em apenas 1 dos 14 livros analisados. Em geral, apoiada pelo uso de imagens (A3), como as outras áreas, a Bio-óptica quase sempre possuía um capítulo exclusivo para ser trabalhada, no contexto da óptica da visão humana, o que justificaria os graus de recorrência das características analisadas. Para verificar isso, foram analisadas todas

as recorrências quanto às características da localização do texto (A1) e o aprofundamento dos conceitos (A2), chegando-se ao Gráfico 9.

**Gráfico 9 – Bio-óptica: localização no texto e o aprofundamento dos conceitos.**



**Fonte: Autoria Própria.**

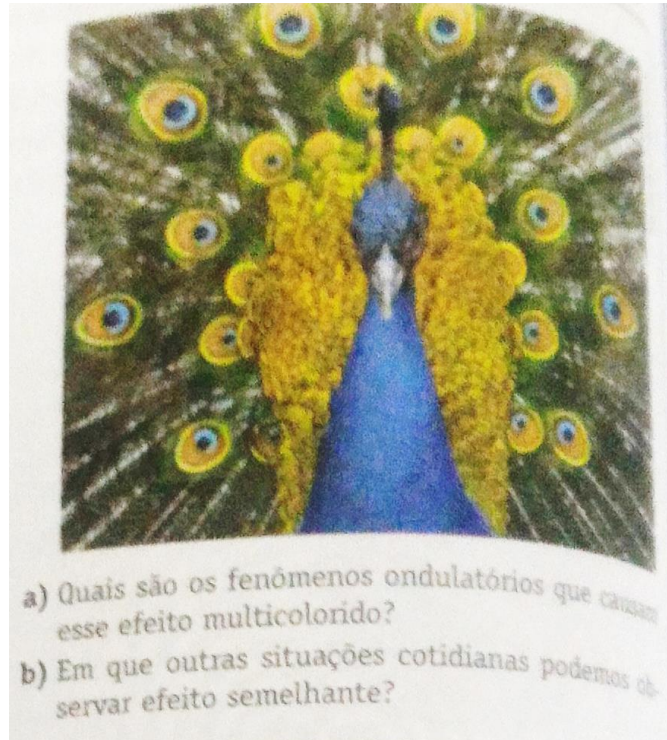
A relação entre a localização e o aprofundamento dos conceitos da Bio-óptica fica ainda mais evidente quando se observa o gráfico 9. Pois, quando apresentados em *boxes* ou seções separadas os conteúdos apresentam uma função muito mais descritiva e de exemplificação, sendo abordadas de uma maneira mais superficial. Enquanto que quando se encontram no próprio texto, em aproximadamente 73% dos casos, os autores aprofundam-se nos conceitos.

Sendo assim, verificou-se quais os outros indícios presentes nos livros que não fossem a respeito da fisiologia da visão humana. Em grande parte, a fibra óptica foi outro conceito que se mostrou de maneira recorrente. Porém, em poucos casos seu uso foi relacionado à Bio-óptica, sendo mais citada a sua aplicação às telecomunicações. Houveram também algumas referências sobre os padrões de cores existentes nas asas das Borboletas, utilizando-a como exemplo de interferência luminosa, porém, em nenhum caso foram abordados quais as propriedades que a fazem acontecer.

Acerca do mesmo tópico, um dos livros possuía uma questão que tratava sobre os fenômenos que causam o efeito multicolorido nas asas de um pavão. A mesma encontrava-se junto aos demais exercícios do capítulo, porém não necessitava de

conceitos de Biofísica para ser resolvido, como pode ser verificada na Figura 15, dando à Física apenas a função de resolver um problema referente a Bio-óptica.

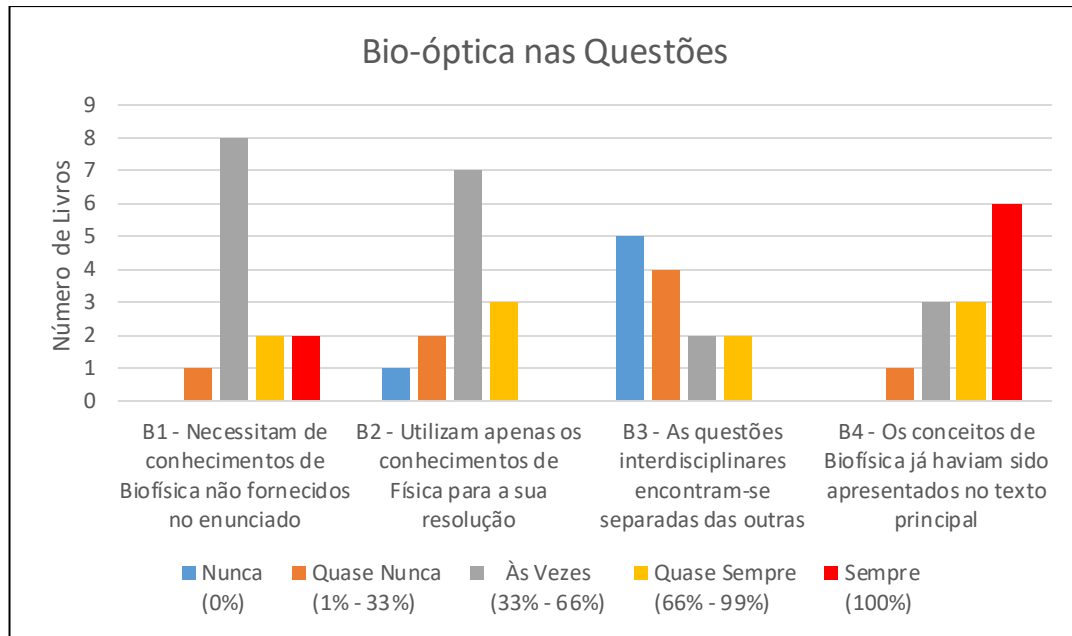
**Figura 15 – Exercício sobre o padrão de interferência nas cores de um Pavão.**



**Fonte: Torres (2013, p.160).**

Em praticamente metade dos livros verificou-se que as questões quase sempre necessitavam de conceitos de Biofísica não presentes nos enunciados (B1), porém, em sua grande maioria os mesmos haviam sido apresentados anteriormente no texto (B4), cabendo ao aluno apenas retornar à seção específica daquele conteúdo. Em pouquíssimos casos as questões interdisciplinares estavam em seções próprias (B3) e por isso pouco mais da metade necessitavam apenas da Física para serem resolvidas (B2). Estes comportamentos podem ser verificados no Gráfico 10, com as quantidades de livros que apresentaram cada um dos graus de recorrência para as respectivas características.

**Gráfico 10 – Bio-óptica: características das questões.**



Fonte: Autoria Própria.

Relacionando-se quais questões necessitavam apenas de Física para ser resolvidas (B2), com a sua localização quanto às outras questões (B3) e se os conceitos de Biofísica haviam sido apresentados anteriormente (B4), verificou-se que 58% das questões utilizavam apenas a Física no seu desenvolvimento. Enquanto que aquelas que precisam de conceitos de Biofísica, em apenas 22% delas as ideias não haviam sido esclarecidas no texto, fazendo com que o aluno precisasse procurar as informações em outras fontes, como pode ser verificado em algumas das questões da Figura 16.

**Figura 16 – Exercício de Bio-óptica.**

1. Como é chamada a faixa do espectro eletromagnético compreendida entre 380 nm e 780 nm?
2. Qual é a função dos cones e dos bastonetes?
3. (Enem, adaptada) Um indivíduo, por alguma deficiência, não consegue captar as informações transmitidas pelos cones. Como esse indivíduo perceberá um objeto branco iluminado apenas por luz vermelha?
4. Qual é a principal proteína responsável pela visão?

Fonte: Piqueira (2013, p. 279).

#### 4.3.4. A Física e a Biofísica

Após analisar as três áreas do conhecimento deve-se, então, relacionar os dados afim de verificar como a Biofísica está presente nestes livros como um todo, considerando tanto as recorrências nos textos quanto nas questões.

A grande maioria das questões e indicações nos textos fazem alusão à aspectos relacionados a fisiologia do corpo humano. Na biotermologia cita-se a termorregulação, na bioacústica e bio-óptica os processos sensitivos da audição e visão, respectivamente. Quase sempre apoiados por imagens e figuras que auxiliam a visualização do processo, ficou evidente que uma das funções mais utilizadas pelos autores era a de usar a Biofísica como fator motivador para iniciar as discussões acerca de um capítulo. Enquanto que outros preferiam utilizar-se dela como forma de encerramento dos módulos, seja em seções separadas ou citações no próprio corpo do texto, demonstrando como a Física é útil para resolver os problemas de outras áreas.

Outra grande área abordada pelas relações interdisciplinares foi como a Biofísica e a Física convergem para conhecimentos ligados à Medicina, seja no funcionamento de exames ou no risco e tratamento de doenças. Neste grupo, destaca-se os exames de ultrassom, ressonância, termogramas, endoscopias, cirurgias à laser, insolação e riscos da radiação UVB. Este vasto conjunto implica em uma visão de como a Biofísica se caracteriza como uma aplicação da Física, pois em grande parte dos livros, todos estes fenômenos e procedimentos não eram aprofundados, sendo somente utilizados para exemplificar a utilidade daquele conceito físico.

Continuando, a Biologia Animal e Problemas Ambientais localizam o resto das relações interdisciplinares existentes entre a Física e a Biofísica, como no caso das cores do Pavão e as Orelhas dos Elefantes. Embora as possibilidades sejam enormes, quase sempre os procedimentos da Física se sobressaíram sobre os outros, principalmente nas questões e exercícios, pois a Biofísica era utilizada apenas para contextualizá-los sem haver a necessidade de seus conceitos para a resolução dando a falsa ideia de que a interdisciplinaridade estivesse ocorrendo de maneira profunda,



sendo então, em grande parte dos exercícios sendo classificada como uma **Pseudo-Interdisciplinaridade**.

As vezes em que a Física foi considerada coadjuvante neste processo, foram nas atividades e sugestões de pesquisa. Nelas, era necessário por parte do aluno relacionar diversas disciplinas, tais como a Química e a Geografia, para resolver os problemas propostos, identificando uma **Interdisciplinaridade Compósita** nestes tipos de atividades.

Dentre as três áreas, a Biotermologia foi a mais inesperada em ser encontrada com tanta frequência nos livros, seja nas questões ou no próprio texto. Pois como geralmente não possui um capítulo específico nos livros didáticos, ao contrário da Óptica da Visão, acreditava-se que apareceria ocasionalmente em caráter aplicativo. Esta verificação pode sugerir uma alteração no perfil dos livros didáticos, que já a consideram quase que como indispensável na abordagem de temas da física como a Termologia, Calorimetria.

Já a Bioacústica é que apresenta maiores dificuldades em sua consolidação nos livros didáticos. Aparentemente sua presença ainda não é unanimidade entre os autores, e mesmo os que fazem alusão, não fazem questão de se aprofundar no tema, e quando isso acontece, geralmente é em seções separadas como uma maneira de introduzir ou encerrar um assunto. Todas estas qualidades identificam a Bioacústica e a Biotermologia e a sua relação com a física como uma **Interdisciplinaridade Heterogênea**, pois quando se faz alusão a este tema, majoritariamente é de caráter enciclopédico, trazendo curiosidades e exemplos de aplicação.

Por fim, a Bio-óptica quando comparada às outras duas apenas comprova sua hegemonia quanto a presença nos livros didáticos, pois grande parte dos livros possui um capítulo exclusivo, variando de autor para autor quais os rumos que a mesma irá levar. Não por opção, os livros parecem forçados a recorrer a bio-óptica para explicar determinados conteúdos, tais como os defeitos da visão e como corrigi-los utilizando lentes esféricas. Tudo isso descreve o comportamento de uma **interdisciplinaridade auxiliar**, visto que a física toma de empréstimo estes conceitos sem necessariamente ocorrer uma integração teórica entre as disciplinas. Vale lembrar também que não ocorre uma diversidade nos temas, ficando quase que exclusivamente relacionado à



fisiologia do olho humano, não se aprofundando em outros casos que embora citados, apenas sugerindo uma pesquisa.

No livro “Física” de Guimarães, Piqueira e Carron, observou-se uma integração teórica mais coerente no que diz respeito ao capítulo 5, aproximando-se do que seria uma **interdisciplinaridade unificadora**. Neste caso, os autores decidiram tratar exclusivamente das relações entre “Fontes de Energia e Impactos Ambientais”, título do capítulo, após terem abordado os conceitos tradicionais da Termodinâmica. Nele, ainda se percebe a coordenação da Física, mas a todo momento relacionam-se entre si a Biologia, a Química e a Geografia.

## 5. CONCLUSÕES

A interdisciplinaridade deve estar presente em todos os livros didáticos do PNLD, sendo desclassificados aqueles que não cumprirem com este critério. O item do edital, por sua vez, não deixa claro de que maneira esta relação deve ocorrer, apenas indica que o livro deve utilizar a interdisciplinaridade no desenvolvimento das atividades, integrando as diferentes componentes curriculares. Os autores são livres para trabalhar a integração entre as disciplinas da melhor maneira que se adapte à organização didático-pedagógica da obra, respeitando os critérios do edital.

Sendo assim, este trabalho forneceu uma visão acerca das relações interdisciplinares entre a Biofísica e os livros didáticos de Física do PNLD de 2015, preocupando-se em identificar os níveis de integração entre as disciplinas, sobretudo as áreas da Biotermologia, Bioacústica e Bio-óptica. Verificou-se uma importante flutuação de aspectos da interdisciplinaridade nos materiais estudados. Observa-se desde a ausência destes objetos interdisciplinares bem como sua aparição com diferentes funções e classificações.

As relações existentes nos livros demonstraram uma utilização geralmente enciclopédica da Biofísica quanto à Bioacústica e a Biotermologia. O uso de informações como curiosidades e exemplos, afim de iniciar os conteúdos de Física foi característica comum à toda Biofísica das obras analisadas. A Bio-óptica obteve um melhor desempenho quanto ao nível de aprofundamento de seus conceitos, sendo considerada até como indispensável e merecedora de um capítulo próprio na grande maioria dos livros.

Como continuidade dos estudos sugere-se uma análise de todos os volumes das coleções, pois pode ser que alguma das áreas analisadas também fosse contemplada nesse seleto grupo de obras aprovadas no edital. Outro trabalho interessante seria verificar de que maneira a Biofísica se encontra nas questões de vestibulares e exames, pois a grande maioria das questões presentes nestes livros era oriunda desse nicho, enquanto que as questões interdisciplinares dificilmente pertencem a esse grupo.

## REFERÊNCIAS

AIRES, Joanez Aparecida. **Integração Curricular e Interdisciplinaridade: sinônimos?**. Educação & Realidade, v. 36, n. 1, 2011.

ARTUSO, Alysso Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. [s.l]: Positivo, 2013. 2 v.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo** (Edição revista e atualizada). Lisboa: Edições, v. 70, 2009.

BARRA, Vilma Marcassa; LORENZ, Karl M. Produção de Materiais Didáticos de Ciências no Brasil, Período 1950 a 1980 [The Development of Science Education Materials in Brazil from 1950 to 1980]. **Ciência e Cultura**, p. 1970, 1986.

BARROS, José D.'Assunção. Contribuição para o estudo dos "campos disciplinares". **Revista ALPHA. Patos de Minas: UNIPAM**, v. 11, p. 205-216, 2010.

BATISTA, Antônio Augusto Gomes. "Um objeto variável e instável: textos, impressos e livros didáticos". In ABREU, Márcia Azevedo de. (org) **Leitura, história e história da leitura**. Campinas: ALB / Mercado de Letras; São Paulo: Fapesp, 2002 p.529-575.

BIESDORF, Rosane Kloh. O papel da educação formal e informal: educação na escola e na sociedade. **Itinerarius Reflectionis**, v. 7, n. 2, p. 10-5216/rir. v1i10. 1148, 2011.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e B**. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999, 364p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.

\_\_\_\_\_. **"Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais-Física/PCN+."** (2007).

\_\_\_\_\_. MEC. **Guia de livros didáticos: PNLD 2010.** Apresentação. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Editais de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático PNLD 2015 – Ensino Médio.** Ministério da Educação: 2013.

CARLOS, Jairo Gonçalves. **Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades.** 2007. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília - Df, 2007. Disponível em:  
<[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2961/1/2007\\_JairoGoncalvesCarlos.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2961/1/2007_JairoGoncalvesCarlos.pdf)>. Acesso em: 05 dez. 2016.

CASANOVA, Pablo; CIÊNCIAS, As Novas. as Humanidades. Da Academia à Política. **Ed Boi Tempo, São Paulo**, 2006.

CAUDURO, Paola Jardim. **Um estudo da metodologia de Robert Gagné aplicada ao ensino de Biofísica.** 2014. 238 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em:  
<[http://cascavel.ufsm.br/tede//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=6343](http://cascavel.ufsm.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6343)>. Acesso em: 25 set. 2016.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, set./dez. 2004.

CORSO, Gilberto. Os Conteúdos das disciplinas de biofísica e a física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 1-4, 2009.

CORTELLA, Mário Sérgio. **A escola e o conhecimento.** Fundamentos epistemológicos e políticos, v. 10, 1998.

DESLANDES, Suely Ferreira. A construção do projeto de pesquisa. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**, v. 18, p. 31-50, 1994.

DIDÁTICOS, GUIA DE LIVROS. PNLD 2015: física: ensino médio. **Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica**, 2014.

DOCA, Ricardo Helou; BÔAS, Newton Villas; BISCUOLA, Gualter José. **Física.** 2. ed. [s.l.]: Saraiva, 2013. 2 v.

DURÁN, José Enrique Rodas. **Biofísica: fundamentos e aplicações**. Prentice-Hall, 2003.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. Papirus editora, 1994.

FNDE. **Histórico**. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/historico> > . Acesso em: 08 Nov 2017.

FOLLARI, Roberto. A. **Interdisciplinaridade e dialética**: sobre um mal-entendido. In: JANTSCH, A. Paulo; BIANCHETTI, L.(Org.). **Interdisciplinaridade**: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis: Vozes, 1995. p. 127-141

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, p. 65-75, 2002.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de ciências?(Crisis in science teaching?). **Investigações em ensino de ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GARCIA, Eduardo Alfonso Cadavid. **Biofísica**. Sarvier, 2009.

GÉRARD, François-Marie, ROEGIERS, Xavier. (1993)- **Concevoir et évaluer des manuels scolaires**. Bruxelas. De Boeck-Wesmail (tradução Portuguesa de Júlia Ferreira e de Helena Peralta, Porto: 1998).

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. In: **Métodos e técnicas de pesquisa social**. Atlas, 2010.

GLASER, Roland. **Biophysics**. Berlin: Springer, 2005.

GUILHOTO, Lúcia de Fátima Martins. **O uso da internet como ferramenta para a oferta diferenciada de serviços a clientes corporativos: um estudo exploratório no setor de telecomunicações**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2002

HECKHAUSEN, Heinz et al. Discipline and interdisciplinarity. **Interdisciplinarity: problems of teaching and research in universities**, p. 83-89, 1972.

HENEINE, Ibrahim Felipe. Biofísica básica. In: \_\_\_\_\_; **Biofísica básica**. Editora Atheneu, 2000.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Imago Editora, 1976.

KIRK, Jerome; MILLER, Marc L. **Reliability and validity in qualitative research**. Sage, 1986.

LAJOLO, Marisa. Livros didáticos: um (quase) manual de usuário. In: **Em Aberto**, n. 69, ano 16, 1996.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. Unesp, 2000.

LIBANEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

LUCK, Heloísa. **Gestão da Cultura e do Clima Organizacional da Escola**. – Vol. V. Série – Cadernos de Gestão. 1ªEd. Petrópolis- RJ: Vozes, 2010.

MACEDO, Roberto Sidnei. Atos de currículos: uma incessante atividade etnometódica e fonte de análise de práticas curriculares. **Currículo sem Fronteiras**, v. 13, n. 3, p. 427-435, set/dez. 2013. Texto disponível em:  
<http://www.curriculosemfronteiras.org/vol13iss3articles/macedo.pdf>

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física Contextos & Aplicações**. [s.l]: Scipione, 2013. 2 v.

MINAYO, Maria Cecília. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Editora Vozes Limitada, 2011.

MOREIRA, Antônio Flavio B. **A crise da teoria curricular crítica**. In: PARAÍSO, Marlucy A. Antônio Flavio Barbosa Moreira: Pesquisador em currículo. Belo Horizonte, Autêntica, 2010a.

NUNES, Leiva; TÁLAMO, Maria de Fátima Gonçalves Moreira. Da filosofia da classificação à classificação bibliográfica. **RDBC: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 7, n. 1, p. 30-48, 2009.

. Disponível em: <http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/viewarticle.%20php?id=184%3E>

PIETROCOLA, Maurício et al. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 99-122, 2008.

PIETROCOLA, Maurício et al. **Física - Conceitos e Contextos: Pessoal, Social, Histórico**. [s.l]: Ftd, 2013. 2 v.

PIQUEIRA, José Roberto Castilho; CARRON, Wilson; GUIMARÃES, José Osvaldo de Souza. **Física**. [s.l]: Ática, 2013. 2 v.

PORTO, Flavia. **Biofísica**. Rio de Janeiro: Seses, 2015. 144 p.

SILVA, Marco Antônio. A fetichização do livro didático no Brasil. **Educação & Realidade**, v. 37, n. 3, 2012.

SILVA, Maria Aparecida. **História do Currículo e Currículo como Construção Histórico-cultural** -Trabalho Comp. In: VI Congresso luso-brasileiro de História da Educação, 2006, Uberlândia. Anais do VI Congresso Luso-Brasileiro de História da Educação. Uberlândia: EDUFU, 2006. v. 1. p. 4820-4828

STEFANOVITS, Angelo. **Ser Protagonista Física**. 2. ed. [s.l]: Sm, 2013. 2 v.

TORRES, Carlos Magno A. et al. **Física Ciência e Tecnologia**. 3. ed. [s.l]: Moderna, 2013. 2 p.

UNICEF. **10 desafios do ensino médio no Brasil: para garantir o direito de aprender de adolescentes de 15 a 17 anos**. 1. ed; Brasília, DF, 2014.

VELHO, Otávio. Os novos sentidos da interdisciplinaridade. **Mana**, v. 16, n. 1, p.213-225, abr. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/mana/v16n1/a09v16n1 .pdf](http://www.scielo.br/pdf/mana/v16n1/a09v16n1.pdf). Acesso em: 15 out. 2017

YIN, Robert. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2015.

ZACHEU, Aline Aparecida Pereira; CASTRO, Laura Laís de Oliveira. Dos tempos imperiais ao PNLD: a problemática do livro didático no Brasil. In: JORNADA DO NÚCLEO DE ENSINO DE MARÍLIA, 14., 2015, Marília. **14ª Jornada do Núcleo de Ensino de Marília**. Marília: Unesp, 2015. p. 1 - 12. Disponível em: <http://www.marilia.unesp.br/Home/Eventos/2015/jornadadonucleo/dos-tempos-imperiais-ao-pnld--a-problematica1.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.