

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DE MINAS GERAIS – CAMPUS OURO PRETO

LICENCIATURA EM FÍSICA

Luciane Cristina Silva Santos

Da luz à energia: como os livros didáticos abordam os fenômenos físicos e biológicos que compõem a fotossíntese

Ouro Preto

2024

LUCIANE CRISTINA SILVA SANTOS

Da luz à energia: como os livros didáticos abordam os fenômenos físicos e biológicos que compõem a fotossíntese

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

Orientadora: D^a Míriam Conceição de Souza Testasicca

Ouro Preto

2024

S2371

Santos, Luciane Cristina Silva.

Da luz à energia [manuscrito] : como os livros didáticos abordam os fenômenos físicos e biológicos que compõem a fotossíntese / Luciane Cristina Silva Santos. – 2024.

64 f. : il.

Orientadora: Míriam Conceição de Souza Testasica.

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

1. Fotossíntese. 2. Livros didáticos. 3. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. I. Testasica, Míriam Conceição de Souza. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. III. Título.

CDU: 577.355(075)

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

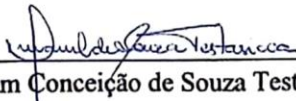
LUCIANE CRISTINA SILVA SANTOS

Da luz à energia: como os livros didáticos abordam os fenômenos físicos e biológicos que compõem a fotossíntese

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

Orientadora: Míriam Conceição de Souza Testasicca

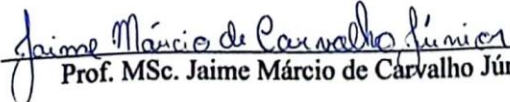
Aprovada em: 05 / 02 / 2024 pela banca examinadora:



Prof. Dra. Míriam Conceição de Souza Testasicca – Orientadora – (IFMG campus Ouro Preto)



Prof. MSc. Júlio César Silva Azevedo - (IFMG campus Ouro Preto)



Prof. MSc. Jaime Márcio de Carvalho Júnior - (Secretaria de Estado de Educação - MG)

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso a Valmir, Phetra e
Ismael, que enfrentaram todos esses anos junto comigo com paciência,
dedicação e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu pai celestial, que em todos os momentos me deu ânimo e forças para continuar, me lembrando sempre que seus planos são maiores que os meus.

Agradeço a minha família, que por muito me ausentei, com o intuito de terminar meus estudos. Ao meu esposo, que incansáveis madrugadas me buscando no ponto de ônibus, sempre me apoiando no que era preciso, meus filhos que com preocupação me esperavam chegar, minha mãe, que com dedicação me apoiou olhando meus filhos e me ajudando sempre que precisei, minhas irmãs que sempre torceram por mim.

Minha vó (in memoriam), que como uma mãe me criou, sendo minha inspiração desde criança, me mostrando como ser uma mulher forte e que luta pelos seus sonhos de forma a alcançá-los.

Meus colegas e amigos que fiz durante esta jornada, que choraram e se alegraram comigo em vários momentos. Sou grata a Deus por cada um que conheci durante essa caminhada, meus professores e colegas, sei que levarei comigo um pouquinho de cada um, como lição ou aprendizado. Ao IFMG por me proporcionar a realização de um sonho.

Não posso deixar de citar minha grande orientadora, que com muita dedicação me conduziu durante este trabalho, uma pessoa que levarei pra toda minha vida!

E é claro a mim mesma que me mantive firme no propósito de alcançar minha tão esperada graduação.

"Ninguém põe remendo de pano novo em roupa velha, pois o remendo forçará a roupa, tornando pior o rasgo. Nem se põe vinho novo em odres velhos; se o fizer, os odres se romperão, o vinho se derramará, e os odres se estragarão. Ao contrário, põe-se vinho novo em odres novos, e ambos se conservam."

Mateus 9:16

RESUMO

A fotossíntese é um processo vital pelo qual grupos de seres vivos convertem luz solar em energia química. É essencial para a manutenção da vida no planeta, pois viabiliza a produção de nutrientes e gás oxigênio. Por englobar processos físicos, químicos e biológicos, a fotossíntese se apresenta como um assunto propício para ser abordado de forma interdisciplinar. Sabe-se que um dos recursos mais amplamente utilizados em salas de aula são os livros didáticos, que desempenham papel crucial no processo educacional, fornecendo estrutura e conteúdo que orientam tanto professores, quanto alunos. Ao oferecerem informações consolidadas, contribuem para a compreensão e assimilação de conceitos fundamentais, promovendo uma base sólida para o aprendizado. Considerando o que foi exposto, este trabalho objetiva aprimorar o ensino da fotossíntese, através de uma abordagem interdisciplinar. A metodologia adotada abrange uma revisão da literatura relacionada à fotossíntese, integrando aspectos tanto da Física quanto da Biologia, e a realização de uma análise crítica de livros didáticos de Biologia, Física e Ciências da Natureza e Suas Tecnologias destinados ao Ensino Médio, com foco na abordagem da fotossíntese. A partir das lacunas identificadas, foram propostas estratégias interdisciplinares que visam proporcionar uma compreensão mais abrangente e contextualizada do fenômeno. As análises dos livros didáticos revelaram uma ausência significativa de integração entre Física e Biologia na explicação da fotossíntese. O déficit na apresentação de conceitos-chave, como a relação entre luz e fotossíntese, exemplifica a necessidade de melhorias na clareza e na contextualização dos materiais didáticos. Para melhorias no processo de ensino-aprendizagem da fotossíntese, foram propostas atividades que evidenciassem os princípios físicos e biológicos envolvidos na fotossíntese, como aquelas que relacionem e explorem os detalhes sobre o espectro de absorção da clorofila e a interação luz-clorofila. Outra sugestão envolve a utilização da fotossíntese como elemento de estudo das leis da termodinâmica. Também seria interessante destacar como os fótons interagem com pigmentos fotossintéticos, levando à excitação das moléculas. Através da aplicação de estratégias como essas, o ensino de fotossíntese pode ser feito de forma realmente interdisciplinar, impactando, potencialmente, no aprendizado dos estudantes.

Palavras-Chaves: Fotossíntese. Livros Didáticos. Interdisciplinaridade. Biologia. Física.

ABSTRACT

Photosynthesis is a vital process through which living organisms convert solar energy into chemical energy. It is essential for sustaining life on the planet as it enables nutrients and oxygen production. Due to its incorporation of physical, chemical, and biological processes, photosynthesis is a good model to an interdisciplinary approach. One of the widely used resources in classrooms is textbooks. Textbooks play a crucial role in the educational process, as they provide structural and content guides to teachers and students. By offering consolidated information, they contribute to the understanding and assimilation of fundamental concepts, fostering a solid foundation for learning. Considering this, this work aims to enhance the teaching of photosynthesis through an interdisciplinary approach. The methodology employed includes a literature review, integrating aspects of both Physics and Biology in photosynthesis, and a critical analysis of Biology, Physics, and Natural Sciences textbooks designed for high school education, with a focus on photosynthesis. Based on identified gaps, interdisciplinary strategies were proposed to provide a more comprehensive and contextualized understanding of the phenomenon. The analysis of textbooks revealed a significant lack of integration between Physics and Biology in explaining photosynthesis. The deficit in presenting key concepts, such as the relationship between light and photosynthesis, exemplifies the need for improvements in these instructional materials. To enhance the teaching-learning process of photosynthesis, we proposed some activities that highlight the physical and biological principles involved, such as those exploring details about the absorption spectrum of chlorophyll and the light-chlorophyll interaction. Another suggestion involves using photosynthesis as a study element for the laws of thermodynamics. It would also be interesting to emphasize how photons interact with photosynthetic pigments, leading to molecule excitation. Through the implementation of such strategies, the teaching of photosynthesis can be truly interdisciplinary, potentially impacting student learning.

Keywords: Photosynthesis. Textbooks. Interdisciplinarity. Biology. Physics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura química da Clorofila	13
Figura 2- Estrutura da molécula de clorofila a e clorofila b	14
Figura 3- Cloroplasto	15
Figura 4- Fotossistemas.....	16
Figura 5- Visão geral da fotossíntese.....	18
Figura 6- Ciclo de Calvin.....	19
Figura 7- Estômatos foliares	20
Figura 8- Estômatos abertos e fechados	21
Figura 9- Espectro Eletromagnético	22
Figura 10- Experimento de Van Helmont com o salgueiro	29
Figura 11- Espectro de absorção da luz pelas clorofilas a e b.....	29
Figura 12- Espectro eletromagnético	32
Figura 13- Espectro de luz visível	32
Figura 14- Captação de energia luminosa e transferência para a clorofila a.....	33
Figura 15- Energia solar e energia dos átomos.....	39
Figura 16- Ipê-rosa iluminado pelo sol, no pantanal mato-grossense	41
Figura 17- Representação do experimento de Charles e Francis Darwin	45
Figura 18- Representação esquemática dos níveis de organização das estruturas envolvidas na fotossíntese desde o nível macroscópico(folha) até o molecular (molécula de clorofila).	46
Figura 19- Gráfico que mostra as quantidades relativas de energia absorvida pela clorofila em cada comprimento de onda das radiações visíveis (luz).	49
Figura 20- Gráfico que mostra o efeito da luminosidade sobre as taxas de fotossíntese e de respiração de uma planta.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP - Adenosina difosfato

ATP - Trifosfato de adenosina

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CO₂ - Dióxido de Carbono

COVID-19 - Doença causada pelo coronavírus SARS-CoV-2

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MP - Medida Provisória

NADPH - Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzido

PGA -Ácido 3-fosfoglicerato

PGAL - Gliceraldeído-3-fosfato

Pi - Fosfato inorgânico

PNLD - Programa Nacional do Livro Didático

RuBP - Ribulose-1,5-bisfosfato

SOD - Superóxido dismutase

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Modelo de quadro para avaliação de livros didáticos.	8
Quadro 2- Propriedades de alguns tipos de clorofilas	14
Quadro 3- Comparação entre os livros de Biologia.....	34
Quadro 4- Comparação entre os livros de Física.....	42
Quadro 5- Análise dos livros de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 JUSTIFICATIVA.....	4
3 OBJETIVOS.....	6
3.1 Objetivo Geral.....	6
3.2 Objetivos específicos.....	6
4 METODOLOGIA.....	7
4.1 Revisão da literatura.....	7
4.2 Análise dos livros didáticos.....	8
4.3 Apresentação de sugestões para o trabalho interdisciplinar no ensino de fotossíntese.....	9
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
5.1 Fotossíntese.....	11
5.2 Clorofila.....	12
5.3 Clorofila e Absorção de Luz.....	15
5.4 Ciclo de Calvin.....	18
5.5. Luz e Espectro Luminoso	21
5.6 Dificuldades na Aprendizagem de Fotossíntese.....	23
5.6.1 Física.....	23
5.6.2 Biologia.....	24
5.7 Interdisciplinaridade.....	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
6.1 Análise de Livros de Biologia.....	27
6.1.1 Livro “Biologia Hoje”	27
6.1.2 Livro “Biologia - Unidade e Diversidade”	30
6.1.3 Análise comparativa dos livros de Biologia	33
6.1.4 Principais Lacunas Identificadas nos Livros de Biologia	36

6.2 Análise de Livros de Física.....	36
6.2.1 Livro “Curso de Física”	36
6.2.2 Livro “Física - Interação e Tecnologia”	39
6.2.3 Análise comparativa dos livros de Física	40
6.3 Livros de Ciências da Natureza e suas Tecnologias	42
6.3.1 Moderna Plus – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias.....	42
6.3.1.1 O Conhecimento Científico.....	43
6.3.1.2 Matéria e Energia.....	45
6.3.1.3 Ciência e Tecnologia.....	46
6.3.1.4 Humanidade e Ambiente.....	46
6.3.1.5 Universo e Evolução.....	47
6.3.1.6 Água e Vida.....	47
6.3.2 Análise dos volumes.....	49
6.3.4 Principais lacunas identificadas nos livros de Ciências da natureza e suas Tecnologias.....	50
6.4 Propostas para uma abordagem Interdisciplinar da Fotossíntese.....	51
6.4.1 Professores de Física.....	52
6.4.2 Professores de Biologia.....	53
6.4.3 Possibilidade diversas de interdisciplinaridade com fotossíntese.....	54
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
8. REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A ciência pode ser definida como um conjunto de métodos e processos sistemáticos e empíricos que buscam explicar os fenômenos naturais, sociais e culturais do mundo. Envolve a observação, o registro e a análise de dados, a formulação de hipóteses, a realização de experimentos e a revisão constante de teorias e modelos, com o objetivo de entender melhor os mecanismos do mundo natural e desenvolver novas tecnologias e conhecimentos (Chalmers, 1993).

Nesse contexto de exploração e descoberta, a abordagem de ensino preconizada por Freire (2005) destaca a relevância da contextualização no processo educacional, enfatizando a necessidade de se envolver os alunos de maneira abrangente, conectando os conceitos às experiências de vida e aos contextos em que vivem. A contextualização não apenas enriquece o processo de ensino e aprendizagem, mas também auxilia a mitigar as lacunas de conhecimento e a adaptar as estratégias pedagógicas às necessidades individuais dos estudantes (Vygotsky, 2007).

Como exemplo de assunto cujo ensino e aprendizagem carecem intensamente de contextualização, pode-se citar a fotossíntese. Trata-se de um dos processos fundamentais para a existência de vida na Terra e que ocorre nas células de organismos fotossintetizantes, como plantas, algas e algumas bactérias. A fotossíntese é responsável por converter a energia luminosa do sol em energia química, armazenada em moléculas orgânicas como a glicose, enquanto libera oxigênio para a atmosfera (Silva et al, 2017).

Apesar de sua grande importância, muitos alunos apresentam concepções equivocadas sobre o processo fotossintético, como a crença de que as plantas se alimentam diretamente através de suas raízes (Trazzi e Oliveira, 2016). Sabe-se que, embora as raízes desempenhem um papel fundamental na absorção de água e nutrientes do solo, a fonte de matéria orgânica para as plantas é a fotossíntese, que ocorre majoritariamente em suas folhas. Relatos como esse demonstram a importância de um estudo mais detalhado sobre a fotossíntese, para que os alunos possam adquirir habilidades e conhecimentos e, mais que isso, possam aplicá-los em seu cotidiano.

Em seu trabalho, Marcos et al (2021) destacou que a abordagem interdisciplinar pode contribuir para uma aprendizagem promissora, na qual os alunos se tornam protagonistas da construção de seu conhecimento. A abordagem interdisciplinar pode incluir experimentos e aulas expositivas que estabeleçam conexões e comparações entre disciplinas, enfatizando as interligações entre os campos de estudo. Em todos os momentos, deve-se incentivar os alunos a questionar e a desenvolver o pensamento crítico e reflexivo em busca do conhecimento

(Camargo et al 2018).

Além disso, Barros e Araújo (2019) salientaram a crescente necessidade da integração de disciplinas, especialmente quando se trata de tópicos correlacionados. Essa integração se torna essencial, devido às dificuldades que muitos alunos enfrentam ao tentar compreender os conceitos em ambas as disciplinas e que podem levar a uma percepção de obsolescência e desinteresse pelos estudos.

O Novo Ensino Médio propôs integrar as disciplinas Física, Química e Biologia no componente curricular Ciências da Natureza. A proposta era apresentar uma abordagem dinâmica que envolvesse o aluno de tal forma que ele se interessasse pela ciência e descobrisse como essas disciplinas estão interligadas. Essa integração buscaria proporcionar uma compreensão mais lógica dos fenômenos naturais (Cordeiro et al 2015).

Entretanto, há várias críticas a esse projeto. Dentre as mais frequentes, pode-se citar a grande quantidade de matérias agrupadas em uma carga horária considerada insuficiente. Isso pode levar a possíveis consequências negativas, como a sobrecarga de conteúdos, evidenciando a necessidade de uma estrutura curricular mais flexível para acomodar essas mudanças. Não se pode esquecer da adequação da formação dos professores e da disponibilidade de recursos educacionais apropriados (Cordeiro et al 2015).

Nesse sentido, Da Rocha et al (2020) referem-se aos livros didáticos como ferramentas educacionais de suma importância, que desempenham um papel fundamental no ambiente escolar. Foram desenvolvidos especificamente para auxiliar tanto professores, quanto alunos no processo de ensino-aprendizagem, oferecendo conteúdos estruturados e alinhados aos objetivos pedagógicos. Sua importância em sala de aula é crucial, pois permite ao aluno acompanhar as aulas ministradas pelos professores, apresentando informações de maneira acessível e didática. Além disso, os livros didáticos podem servir como guias para os professores, oferecendo sugestões de atividades, exercícios e estratégias para facilitar a compreensão dos alunos. Os livros didáticos também contribuem para a unificação do ensino, garantindo que todos os estudantes tenham acesso a informações essenciais para o seu aprendizado. Entretanto, não podem e nem devem ser vistos como uma única fonte para se trabalhar dentro de sala de aula, pois, entre outros fatores, podem conter erros ou apresentar exemplos e situações muito distantes da realidade vivida pelos estudantes (De Oliveira 2014).

Vários estudos recentes têm se dedicado à avaliação de livros didáticos, buscando compreender a qualidade e eficácia desses materiais no contexto educacional. Pode-se citar o trabalho realizado por Dos Santos et al (2020), que analisaram quatro coleções adotadas no

primeiro e segundo anos do ensino médio de escolas da rede estadual de Feira de Santana (BA). Os autores queriam compreender a abordagem da célula vegetal em cada livro. Ao fim do estudo, destacaram a necessidade de abordagens mais contextualizadas e alinhadas às diretrizes curriculares. Outro exemplo é o trabalho conduzido por Paiva et al. (2021), que também exploraram livros de Biologia do Ensino Médio. Seus estudos demonstraram a falta de alguns conteúdos, ou até mesmo a existência de uma abordagem muito resumida e com caráter teórico muito acentuado. De modo semelhante, ao analisar livros didáticos de Biologia, De Abreu et al (2021) observaram que eles apresentaram algumas lacunas na apresentação de conceitos, podendo gerar confusão durante o ensino e aprendizagem.

Considerando, portanto, a importância da fotossíntese, da interdisciplinaridade e dos livros didáticos no cotidiano escolar, este trabalho tem como objetivo analisar a interação entre conceitos e fenômenos da Física e da Biologia no processo de fotossíntese, bem como avaliar como tais interações são apresentadas em livros didáticos de Física, Biologia e Ciências da Natureza destinados ao Ensino Médio. Almeja-se, assim, contribuir para a prática docente cotidiana em sala de aula.

2 JUSTIFICATIVA

As disciplinas vinculadas às áreas exatas e científicas frequentemente geram insegurança nos alunos, devido à complexidade dos conteúdos abordados. A proposta central deste trabalho é demonstrar que as disciplinas se conectam e que diversos conceitos podem ser apresentados aos estudantes por meio de suas aplicações cotidianas, baseando-se em seus conhecimentos prévios. Através dessas conexões, os estudantes poderão desenvolver habilidades e buscar conhecimentos mais profundos, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Segundo Vygotsky (1991), a escola deve promover atividades que possibilitem a aprendizagem por meio de interações e experiências.

Farias (2021, p. 4) destaca:

o crescente reconhecimento do valor atribuído à criatividade e ao pensamento criativo, destacando a necessidade de mudança do paradigma da educação tradicional para o paradigma da educação criativa. A educação tradicional, originada das políticas de testes de larga escala, enfatiza a memorização, repetição e reprodução de conhecimento desprovido de sentidos e significados, onde o aluno se encontra passivo, apático e desmotivado no processo de ensino e aprendizagem.

Freire (1996) argumenta que um bom professor aprende com seus alunos, entendendo e atendendo às suas necessidades. A ausência de vínculos da teoria com a realidade prejudica a aprendizagem e pode desencorajar os alunos, resultando em desinteresse pelas matérias e carreiras científicas. Superar esses desafios requer abordagens inovadoras que conectem conceitos teóricos a exemplos práticos e contextualizados.

O ensino da fotossíntese é de extrema relevância no currículo escolar, pois este é um dos processos fundamentais para a vida na Terra. Apesar de sua importância, a aprendizagem sobre a fotossíntese pode ser desafiadora para os estudantes, principalmente por envolver conceitos abstratos e processos submicroscópicos relacionados às disciplinas de Física e Biologia. Como exemplo desses desafios, pode-se citar o uso de termos dos quais eles não se apropriam com facilidade ou familiaridade (Mirabeau 2020).

É preocupante observar que muitos alunos enfrentam dificuldades em conectar a fotossíntese ao seu cotidiano, não compreendendo sua importância para a própria sobrevivência.

Nesse contexto, a abordagem interdisciplinar entre a Física e a Biologia para o ensino de fotossíntese se torna fundamental. Ela permite que os alunos compreendam não apenas os aspectos biológicos da fotossíntese, mas também como a Física está intrinsecamente relacionada a esse processo. Além disso, tal abordagem contribui para o desenvolvimento do

pensamento crítico, pois oferece a cada indivíduo a oportunidade de rever e aprimorar seus conceitos e conhecimentos prévios, bem como estimula sua capacidade de estabelecer conexões entre diferentes áreas do conhecimento, preparando-os para uma educação mais abrangente e uma compreensão mais profunda do mundo natural. Segundo Gulis (2022), a interdisciplinaridade pode ser uma grande aliada para melhor compreensão de conceitos mais complexos.

Nesse contexto de interdisciplinaridade, o novo Ensino Médio trouxe a possibilidade de integração das disciplinas Física, Biologia e Química. Na prática, ainda há várias limitações para a concretização dessa integração. Foram apresentadas inúmeras novidades, mas tanto alunos, quanto professores, se perderam, pois as instruções sobre como utilizá-las e implementá-las são poucas ou, até mesmo, inexistentes.

No que se refere especificamente à prática escolar, os livros didáticos possuem um papel fundamental, devido à sua inegável importância ao auxiliar tanto professores no ensino, quanto os alunos no aprendizado. Entretanto, os livros didáticos podem transitar de mocinho à vilões, quando não são utilizados de maneira eficiente.

Diante desses desafios, este trabalho se justifica pela necessidade de acentuar a prática e a abordagem interdisciplinar, destacando a importância de superar obstáculos no ensino e aprendizagem da fotossíntese. Propõe-se, também, realizar uma investigação sobre a qualidade e adequação dos livros didáticos no ensino-aprendizagem da fotossíntese, bem como explorar e analisar a integração proposta pelo novo Ensino Médio. Busca-se contribuir para o aprimoramento das práticas educacionais, promovendo uma compreensão mais eficaz e integrada da fotossíntese.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral discutir a ocorrência de processos físicos e biológicos na fotossíntese, destacando os conceitos de ambas as disciplinas relacionados às suas diversas etapas. A partir desse conhecimento, objetiva-se analisar a apresentação da fotossíntese em livros didáticos do Ensino Médio, a fim de identificar possíveis abordagens interdisciplinares adotadas pelos seus autores, bem como apontar caminhos que possam contribuir para sua aprendizagem significativa.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar uma extensa revisão da literatura sobre fotossíntese, a fim de identificar as conexões entre Física e Biologia existentes nesse processo.
- Realizar uma revisão reflexiva de livros didáticos utilizados por alunos do Ensino Médio, identificando lacunas e oportunidades de melhoria na abordagem do tema da fotossíntese.
- Fomentar a importância da interdisciplinaridade na ciência e promover uma visão mais integrada do conhecimento.
- Apresentar sugestões práticas para a abordagem interdisciplinar do tema fotossíntese ao longo do Ensino Médio, considerando-se especificamente conhecimentos e conceitos de Física e Biologia.

4 METODOLOGIA

4.1 Revisão da literatura

Inicialmente, realizou-se uma extensa revisão bibliográfica, visando estabelecer uma base sólida de conhecimentos sobre a fotossíntese, integrando perspectivas da Física e da Biologia. Optou-se por realizar uma revisão narrativa sobre a fotossíntese, uma vez que os trabalhos assim gerados “têm um papel fundamental para a educação continuada pois, permitem ao leitor adquirir e atualizar o conhecimento sobre uma temática específica em curto espaço de tempo” (Rother, 2007, p. v).

A revisão englobou a busca por artigos científicos, livros e pesquisas diversas sobre fotossíntese, a fim de identificar conceitos de Física e Biologia. O objetivo foi compreender as bases teóricas e as descobertas nessa área.

Em seguida, realizou-se nova etapa de revisão dedicada ao ensino de fotossíntese, explorando as abordagens adotadas tanto na disciplina Biologia, quanto na Física. O intuito foi identificar práticas pedagógicas e estratégias que possam promover uma integração eficaz entre essas áreas do conhecimento, visando otimizar a aprendizagem dos alunos.

4.2 Análise dos livros didáticos

Foram avaliados os seguintes livros de Ensino Médio:

Disciplina / Área do conhecimento	Livro
Biologia	FAVARETTO, J.A. Biologia Unidade e Diversidade . FTD: São Paulo, 1ª ed, 2016. LINHARES, S; GEWANDSZNAJDER, F; PACCA, H. Biologia Hoje . São Paulo, Ática, 3ª ed., 2016.
Física	FILHO A, G; TOSCANO, C. Física - Interação e Tecnologia . – 2ª ed. – São Paulo, 2016 ALVARENGA, B, MÁXIMO, A. Curso de Física Volume 1 . São Paulo, Ed. Scipione, 2000.
Ciências da Natureza	AMABIS J, MARTHO G, FERRARO N, PENTEADO P, TORRES C, SOARES J, CANTO E, LEITE L Moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias – 6 volumes 1.ed. São Paulo: Moderna, 2020

Os livros foram analisados buscando-se entender o texto tanto sob a perspectiva do estudante, quanto sob a perspectiva do pesquisador (Godoy, 1995). Procurou-se identificar elementos que pudessem contribuir para a análise dos resultados, focando não apenas no tema proposto, mas também na profundidade com que foi abordado, utilizando as fundamentações de Godoy (1995), ou seja, interpretação, análise contínua dos dados, estudo de caso e análise documental, para compreender a representatividade e complexidade conceitual presentes nos capítulos de cada livro. De acordo com a perspectiva de Rother (2007), a análise qualitativa explorou como os livros integraram conceitos de Física e Biologia. Buscou-se identificar não apenas a inclusão dessas disciplinas, mas também os benefícios dessa integração na compreensão geral da fotossíntese pelos estudantes. Seguindo as premissas desse mesmo autor, a avaliação da correção dos conceitos foi realizada cuidadosamente, garantindo a precisão e a confiabilidade das informações transmitidas nos livros. O enfoque qualitativo permitiu uma análise detalhada dos fundamentos apresentados.

As obras também foram avaliadas de acordo com critérios mais objetivos, explicitados no Quadro 1.

Quadro 1- Modelo de quadro para avaliação de livros didáticos.

<u>Parâmetro</u>	<u>Nome do livro</u>			
	<u>Fraco</u>	<u>Regular</u>	<u>Bom</u>	<u>Excelente</u>
1 - Adequação ao público-alvo				
2 - Clareza do texto (definições, termos, etc.)				
3 - Coerência entre informações apresentadas				
4 - Presença de textos complementares				
5 - Exemplificações correlacionadas ao dia a dia do aluno				
6 - Orientações de Estudo				
7 - Experimentos e Atividades				
8 - Divisão e Estrutura do Livro				
9 - Integração Física-Biologia				

Fonte: Adaptado de Araújo et al (2021).

4.3 Apresentação de sugestões para o trabalho interdisciplinar no ensino de fotossíntese

Por fim, foi feita uma análise crítica dos resultados obtidos, o que permitiu apontar diversas estratégias para potencializar o trabalho interdisciplinar durante o ensino de fotossíntese.

Em todas as discussões e atividades propostas, buscou-se não apenas apresentar a fotossíntese como ponto de convergência entre a Física e a Biologia, mas também proporcionar aos estudantes uma compreensão mais abrangente das Ciências da Natureza.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

A ciência pode ser definida como um conjunto de métodos e processos sistemáticos e empíricos que buscam explicar os fenômenos naturais, sociais e culturais do mundo que nos cerca. Ela envolve a observação, o registro e a análise de dados, a formulação de hipóteses, a realização de experimentos e a revisão constante de teorias e modelos, com o objetivo de entender melhor o funcionamento das coisas e promover o desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimentos (Chalmers, 1993). A importância da ciência para a humanidade é imensa. Através da ciência, os seres humanos foram e são capazes de compreender melhor o mundo ao seu redor e transformá-lo para atender melhor às suas necessidades (Kuhn, 1997).

O letramento científico se refere à capacidade dos sujeitos de compreender, utilizar e se envolver com conceitos, informações e processos relacionados à ciência. Isso vai além da simples memorização de fatos científicos; envolve a compreensão dos princípios subjacentes e a capacidade de aplicar o pensamento científico a situações do mundo real (Dos Santos et al, 2020). O letramento científico desempenha um papel crucial na sociedade contemporânea, permitindo que os indivíduos compreendam, avaliem e participem de questões científicas e tecnológicas. Conforme Medeiros (2016), o letramento científico visa estimular o pensamento crítico dos alunos, permitindo que eles relacionem os conceitos científicos ao seu cotidiano. Busca proporcionar aos estudantes experiências práticas diretas, de modo que possam conectar os conteúdos estudados com suas atividades diárias. Promover o letramento científico eficaz é essencial para uma sociedade mais informada, participativa e capaz de lidar com os complexos problemas contemporâneos que exigem uma compreensão sólida da ciência (Da Silva et al., 2021).

No entanto, no Brasil, ainda existem deficiências significativas nesse aspecto. Muitas pessoas enfrentam dificuldades para acessar informações científicas confiáveis e compreensíveis, o que limita sua capacidade de tomar decisões sobre questões relevantes, como aquelas que envolvem saúde, meio ambiente e tecnologia (Dos Santos et al, 2020). Além disso, o ensino de ciências nas escolas muitas vezes é carente de abordagens práticas e interdisciplinares, o que pode deixar os alunos desinteressados e mal preparados para enfrentar desafios do mundo real.

Como exemplo de assunto de grande relevância cotidiana que não é devidamente valorizado no ambiente escolar, pode-se citar a fotossíntese. Esse tema tem sido ensinado de forma mecânica, levando os estudantes a memorizarem uma série de conceitos e mecanismos

sem, muitas vezes, compreenderem sua real importância e significado. De modo similar, é usual que o material didático apresente a fotossíntese de modo fragmentado, tendo apenas as contribuições de uma disciplina como foco (Liesenfeld, Vanessa, et al, 2015).

Assim, almeja-se, nessa seção, apresentar conceitos e mecanismos referentes à fotossíntese a partir das disciplinas Física e Biologia, buscando-se um caminho que leve à interdisciplinaridade e que, conseqüentemente, traga avanços em seu processo de ensino-aprendizagem.

5.1 Fotossíntese

A fotossíntese é essencial para sustentar a vida na Terra, pois fornece energia, oxigênio e nutrientes necessários para uma grande variedade de organismos e ecossistemas. Por ser responsável pela produção de oxigênio na atmosfera, permite a respiração aeróbica da maioria dos seres vivos. Possibilita o crescimento da maioria dos organismos produtores, que constituem a base das cadeias alimentares e, assim fornecem energia e matéria orgânica para os seres herbívoros e para aqueles que dependem deles para sua existência (Raven, 2007). A agricultura depende da fotossíntese para produzir alimentos e biomassa vegetal (Castro et al, 2012).

A fotossíntese permite que a energia luminosa do sol seja convertida em energia química, utilizável pelos seres vivos (Raven, 2007). A energia química armazenada nas moléculas de glicose, principal carboidrato formado na fotossíntese, pode ser extraída através da respiração celular e da fermentação. Esses processos geram o trifosfato de adenosina (ATP), molécula que garante o fornecimento de energia para as células (Flowler et al, 2013). Raven (2007, p. 2) destaca que,

Dos nove planetas em nosso sistema solar, apenas um, até onde sabemos, possui vida. Este planeta, a Terra, é visivelmente diferente dos outros. A distância ele parece azul e verde, e brilha um pouco. O azul é a água, o verde é a clorofila, e o brilho é a luz do sol refletida pela camada de gases que circundam a superfície do planeta. A vida, pelo que conhecemos, depende dessas características que são visíveis na Terra.

Os organismos que realizam fotossíntese são chamados fotossintetizantes. De acordo com De Brito (2023, p.40),

Há evidências fósseis, geoquímicas e moleculares que indicam o aparecimento dos organismos fotossintetizantes há cerca de 2,8 a 2,5 bilhões de anos atrás. Esses organismos eram semelhantes às cianobactérias atuais e a clorofila A foi a molécula responsável pelo início da fotossíntese em um ancestral de cianobactéria.

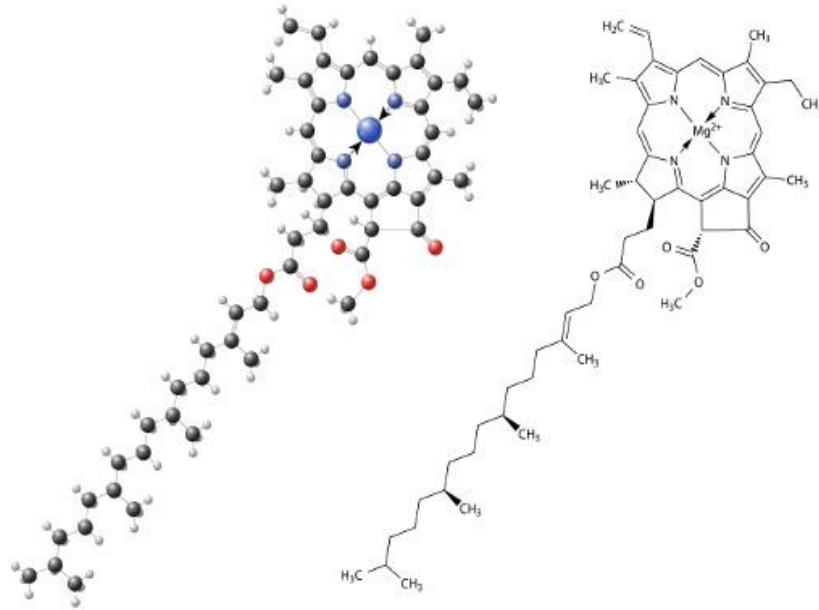
Alguns dos principais organismos fotossintetizantes são as plantas, as algas e as cianobactérias. Nas plantas, a fotossíntese ocorre principalmente nas folhas, mais especificamente no mesofilo, um tecido intermediário das folhas. Diversos tipos de algas, tanto pluricelulares quanto unicelulares, são fotossintetizantes. Podem-se citar, como exemplo, as algas vermelhas e verdes. Cianobactérias, também chamadas de algas azuis-verdes, são um grupo de bactérias fotossintetizantes. Acredita-se que elas foram os primeiros organismos a realizar esse processo na Terra (Raven, 2007)

Um dos pioneiros em pesquisas e experimentos com a fotossíntese foi o químico Joseph Priestley (1733-1804). Em seus estudos, Priestley colocou uma vela acesa dentro de uma jarra invertida e observou que ela se apagava rapidamente; colocando um rato vivo junto à vela, percebeu que o animal morria após curto período de tempo. Depois, substituiu o rato por uma planta, observando que ela se mantinha viva. Ao colocar, sob a jarra, uma vela acesa, um rato e uma planta, observou que o rato permanecia vivo (Andrade Martins, 2009). Com base nesse experimento, pode-se concluir que as plantas desempenhavam um papel fundamental na sobrevivência do rato. Sabendo-se que tanto a manutenção da chama da vela, quanto a sobrevivência do rato, dependiam do gás oxigênio, pode-se inferir que as plantas liberavam oxigênio durante a fotossíntese (Andrade Martins, 2009).

5.2 Clorofila

A clorofila é um pigmento verde presente nos organismos fotossintetizantes. É constituída principalmente por átomos de hidrogênio e carbono, formando um anel porfirínico, com um átomo de magnésio no seu interior (Santos, 2023), conforme a Figura 1.

Figura 1- Estrutura química da Clorofila

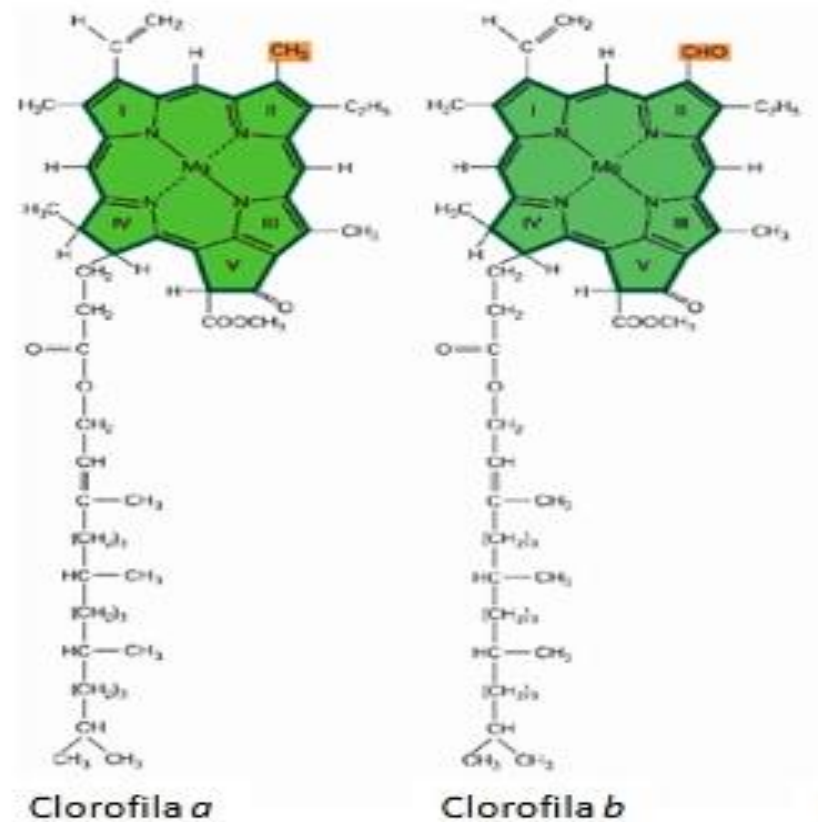


Fonte: Dos Santos, 2023.

Os cientistas responsáveis pelo nome “clorofila” foram Pelletier e Caventou, em 1818. Eles utilizaram álcool para extrair esta substância de folhas, e ela passou a ser utilizada com diversas finalidades, como pigmento e antioxidante, por exemplo (Streit et al. 2005).

Existem diferentes tipos de clorofilas, sendo que a diferença entre elas reside nas suas estruturas químicas. Isso lhes confere propriedades ligeiramente distintas na absorção de luz solar (Raven, 2007, Streit et al. 2005). Dentre os tipos de clorofila, podem ser citados a clorofila A, clorofila B (figura 2), clorofila C e clorofila D.

Figura 2- Estrutura da molécula de clorofila a e clorofila b



Fonte: Adaptado De Oliveira, 2015.

As características gerais dos diferentes tipos de clorofila estão descritas no quadro 2.

Quadro 2- Propriedades de alguns tipos de clorofilas

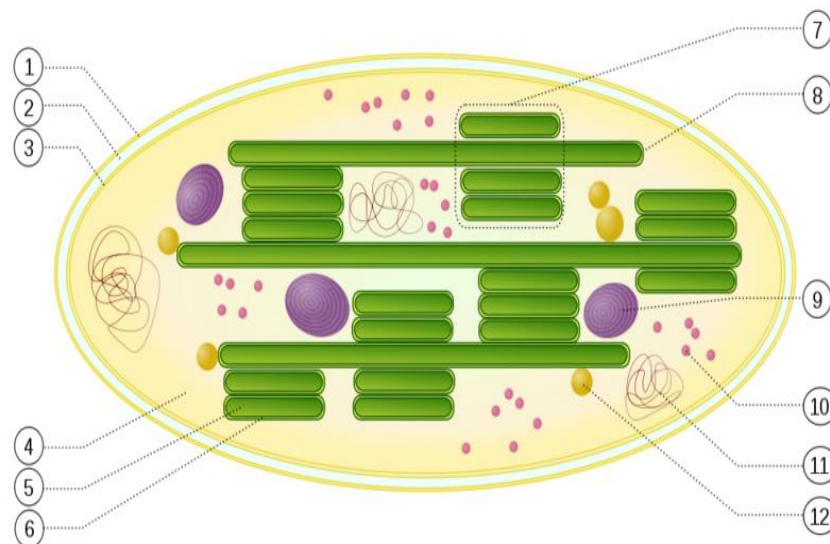
Variedade de clorofila	Varição na Absorção (nm)	Presente em
Clorofila A	Região do azul-violeta (435nm) e na região do vermelho (670-680nm)	Todas as plantas
Clorofila B	Região do azul-violeta (480nm) e na região do vermelho (650nm)	Algas verdes e plantas superiores
Clorofila C	Banda vermelha (até 645nm)	Diatomáceas e algas marrons
Clorofila D	Banda vermelha (até 749nm)	Algumas algas vermelhas

Fonte: De Oliveira, 2015.

Nas células vegetais, a clorofila está localizada em organelas chamadas cloroplastos (figura 3). Em sua estrutura, observam-se duas membranas: a membrana mais externa (1) é

responsável por separar o cloroplasto do citoplasma, enquanto a membrana interna (3) forma uma série de estruturas que ficam empilhadas, conhecidas como tilacoides. Entre as duas membranas, existe o espaço intermembranar (2). Os tilacoides (5) são semelhantes a discos ou moedas de forma achatada. É no interior dessas estruturas que se localiza a clorofila. Chama-se *granum* (7) o conjunto de tilacoides empilhados. Existe ainda a lamela intergranal (8), que são conexões que ligam os tilacoides uns aos outros, permitindo que íons e moléculas circulem entre eles. O espaço conhecido como estroma (4) é a matriz semifluida dentro do cloroplasto, onde ocorrem várias reações químicas. No estroma, existem ainda grãos de amido (9), ribossomos (10), DNA (11) e lipídios (12) (Raven et al.2007; Streit et al. 2005).

Figura 3- Cloroplasto



Fonte: Moreira, 2015.

A maioria das plantas precisa de altas temperaturas e da luz solar para produzir a clorofila. No inverno e nos períodos chuvosos, pode-se observar a diminuição desse processo (Alves et al, 2021). Além das condições climáticas, fatores ambientais como a poluição do ar, a degradação da camada de ozônio e a chuva ácida também podem afetar a produção de clorofila e a fotossíntese (Raven, 2007).

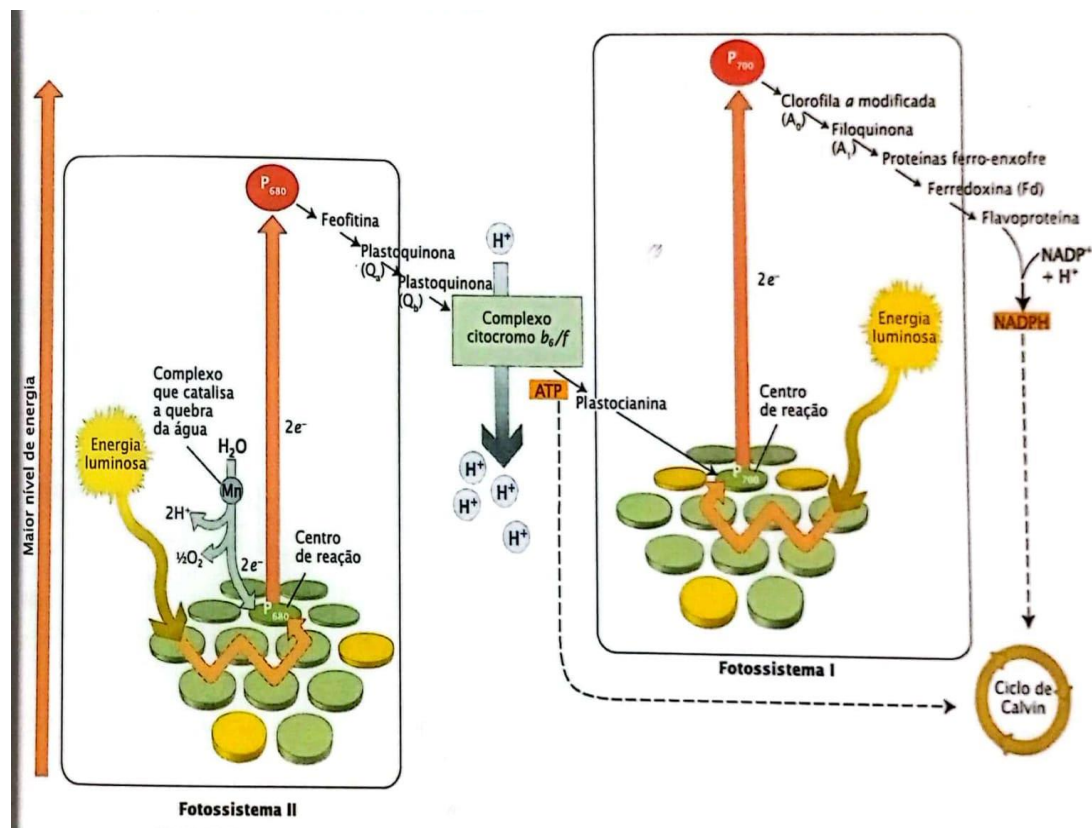
5.3 Clorofila e Absorção de Luz

A clorofila participa de duas etapas essenciais na fotossíntese: absorção de luz e transferência da energia absorvida (Raven, 2007).

A estrutura química da molécula de clorofila a torna altamente eficaz na absorção de luz. O anel porfirínico apresenta uma série de duplas ligações conjugadas, gerando uma densidade significativa de elétrons que se estende por toda a molécula. O íon magnésio (Mg^{2+}), localizado no centro do anel porfirínico, desempenha um papel crucial na absorção da luz, pois é através dele que ocorre a interação com os fótons luminosos (Streit et al. 2005; Raven, 2007).

Após absorver a luz, a clorofila transfere a energia para outras moléculas dentro das células vegetais. A clorofila e essas moléculas acessórias se dispõem em complexos chamados fotossistemas (figura 4), que atuam como "antenas", direcionando a energia absorvida pela clorofila para as reações subsequentes (Raven et al.2007).

Figura 4- Fotossistemas



Fonte: Raven et al, 2007.

São descritos dois tipos de fotossistemas, chamados fotossistemas 1 e 2:

- **Fotossistema 2:** encontra-se nas membranas dos tilacoides. Ele é responsável por absorver a luz solar e dar início a fotólise da água. Nesse processo, a água é quebrada em O_2 , prótons e elétrons. O fotossistema 2 absorve luz principalmente na faixa de 680-700nm.

- **Fotossistema 1:** localizado nas membranas dos tilacoides, ele recebe os elétrons oriundos do fotossistema 2. Sua função é produzir moléculas de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzido (NADPH). O NADPH é essencial na assimilação de dióxido de carbono e na produção de carboidratos. O fotossistema 1 absorve principalmente na faixa de 700-740nm.

De acordo com Streit et al. (2005.p 749),

Nas membranas tilacoides, os pigmentos absorvem energia que é transferida para os centros de reação. Existem dois centros de reação, um absorvendo luz a 680nm e outro a 700nm. A clorofila, que absorve a 680nm, transfere elétrons da água para a cadeia transportadora de elétrons na fotossíntese. As plantas usam a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) na faixa de 390-760nm, conhecida como luz visível. Cada molécula de clorofila absorve um quantum de energia de cada vez, excitando um elétron em um átomo da molécula, permitindo que ele se mova para orbitais mais distantes do núcleo, dependendo da energia do fóton absorvido.

A energia química resultante do fluxo de elétrons é usada para criar um gradiente de prótons, armazenando energia potencial, e para impulsionar a síntese de ATP através da ATP sintase (Raven et al, 2007).

De acordo com Kluge (2015), a importância da luz no crescimento das plantas fica evidente em situações onde não há uma exposição solar adequada. Em ambientes urbanos, por exemplo, edifícios altos podem criar sombras persistentes; já em ambientes com uma densa vegetação, é difícil a penetração dos raios solares, o que acaba afetando negativamente a capacidade das plantas de realizar a fotossíntese, o que pode resultar em um crescimento inadequado e más condições gerais de saúde das plantas. Estratégias de adaptação, como a busca por locais mais iluminados ou modificações morfológicas, tornam-se vitais para a sobrevivência das plantas em condições desfavoráveis.

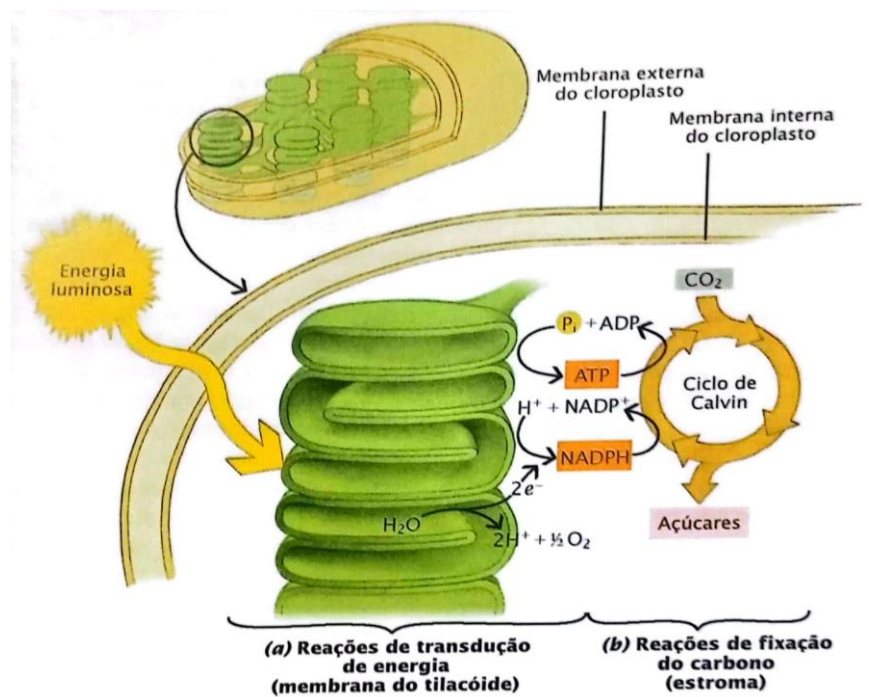
Entretanto, de acordo com o mesmo autor, o excesso de luz pode inibir a fotossíntese. Esse fenômeno, conhecido como foto-inibição, pode decorrer de um dano reversível causado no centro de reação ou da foto-oxidação irreversível dos pigmentos fotossintéticos. No primeiro caso, o excesso de luz pode levar à perda de proteínas ligadas à transferência de elétrons, que podem ser recuperadas posteriormente. No segundo caso, ocorre um processo irreversível de foto-oxidação dos pigmentos receptores de luz. Quando ficam muito tempo excitados, esses pigmentos interagem com o O₂ produzindo radicais livres, como superóxido (O²⁻). Essa sobrecarga pode causar sérios danos às membranas dos cloroplastos. Para minimizar este problema, as células possuem uma enzima chamada superóxido dismutase

(SOD), que é capaz de neutralizar os radicais livres. Porém, se a exposição a radicais livres for prolongada, a SOD não é capaz de neutralizá-los. Por isso, as plantas podem apresentar diversas estratégias para se protegerem do excesso de luz:

Há também alterações fisiológicas que reduzem os riscos de danos em alta luminosidade. Os cloroplastos podem mover-se de um lado ao outro da célula (ciclose); a orientação da folha pode alterar ao ponto de elas ficarem alinhadas paralelamente à incidência dos raios solares e, assim, absorver menos luz. Plantas que crescem em ambientes com muita luz têm frequentemente características estruturais e químicas que reduzem a quantidade de luz que alcança o cloroplasto. As folhas podem ter superfície brilhante ou refletivas ou apresentarem cutícula mais espessa. As células da epiderme podem conter antocianina, um metabólito secundário que atua como defesa contra radiação de comprimentos de onda curtos (Kluge, et al.p. 67. 2014).

De modo geral, os processos iniciais da fotossíntese podem ser esquematizados conforme a figura 5.

Figura 5- Visão geral da fotossíntese



Fonte: Raven et al, 2007.

5.4 Ciclo de Calvin

Dentre as etapas da fotossíntese, destacam-se também as reações independentes de luz, conhecidas como ciclo de Calvin. Durante essas reações, a energia proveniente da excitação da clorofila pela luz é convertida em energia química, que é armazenada em moléculas de

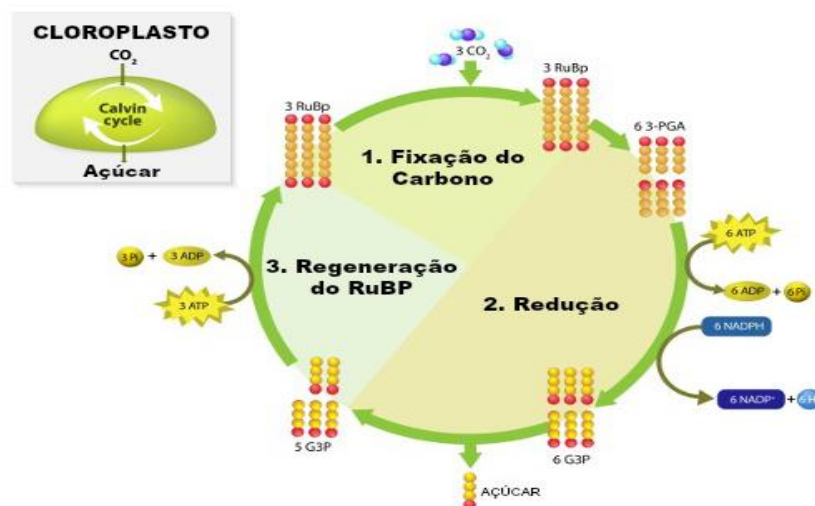
açúcar. A cada volta do ciclo de Calvin, o CO_2 é transformado em glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) e outras moléculas orgânicas (Duarte 2003.p.7).

Frizzo (2022) relata que

A fotossíntese é uma forma de nutrição autótrofa caracterizada como processo anabólico, onde os seres fotossintetizantes são capazes de processarem seu próprio alimento por meio de reações de transdução de energia. Conforme a equação: $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$. A matéria inorgânica (água e dióxido de carbono) intermediada pela energia luminosa (radiação solar) transforma-se em matéria orgânica (carboidratos), e libera o oxigênio para a atmosfera. Sendo essa última molécula mencionada, importante para o processo de respiração dos seres vivos aeróbios.

O Ciclo de Calvin é composto por três etapas, chamadas fixação, redução e regeneração do receptor (figura 6).

Figura 6- Ciclo de Calvin



Fonte: Santos, 2023.

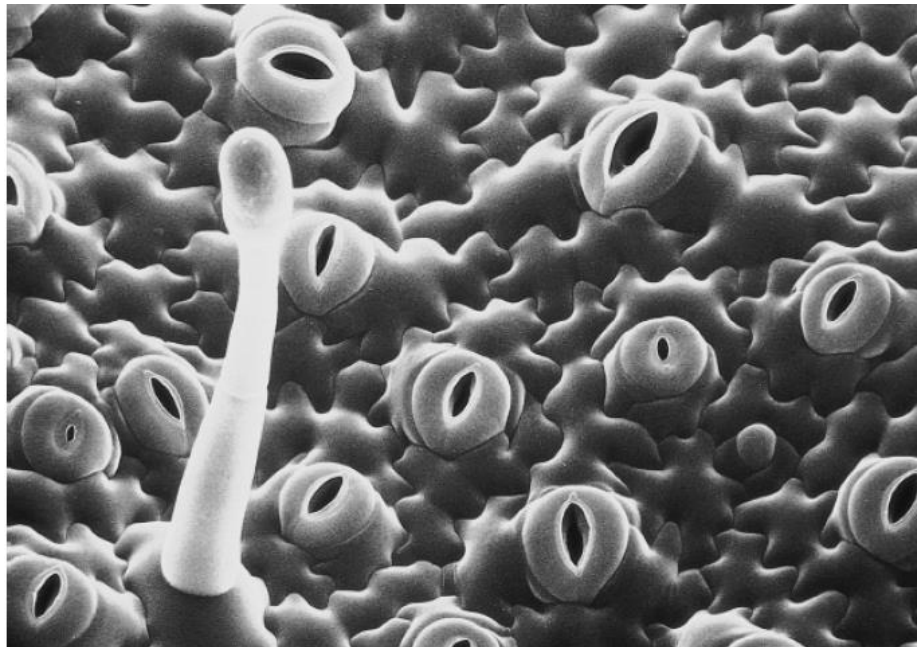
No estágio inicial, conhecido como fixação do carbono, três moléculas de ribulose bifosfato (RuBP), cada uma contendo cinco carbonos, se ligam a três moléculas de CO_2 , originando um composto intermediário instável com seis carbonos. Essa instabilidade produz uma quebra imediata do composto, gerando assim um produto de três carbonos chamado fosfoglicerato (PGA).

Na etapa posterior, que é a redução, as seis moléculas de PGA são reduzidas para formar seis moléculas de gliceraldeído 3-fosfato (PGAL).

Na terceira fase, que é a regeneração do receptor, as moléculas de PGAL passam por combinações e rearranjos para regenerar três moléculas de RuBP. A molécula de PGAL adicional representa o ganho líquido do ciclo de Calvin, servindo como ponto de partida para a síntese de açúcares, amido e outros componentes (Raven, 2007).

Assim, para a realização da fotossíntese, os vegetais dependem da captação de CO_2 , que acontece através dos estômatos, que são pequenos poros localizados nas folhas das plantas (Figura 7). Embora possam ser encontrados, em algumas plantas, em ambos os lados das folhas, o mais comum é se localizarem apenas na sua face inferior.

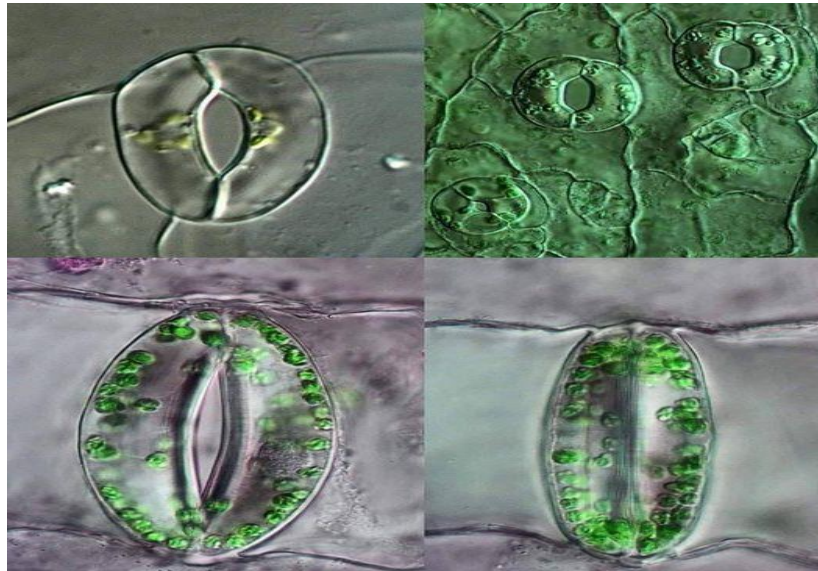
Figura 7- Estômatos foliares



Fonte: Raven, 2007.

As plantas abrem seus estômatos para permitir a entrada de CO_2 da atmosfera em suas folhas. A abertura dos estômatos também possibilita a perda de vapor de água por transpiração. O controle da abertura e fechamento dos estômatos depende de diversos fatores ambientais. De acordo com Pacheco et al (2021), quando a célula-guarda e a célula subsidiária estão túrgidas, os estômatos ficam abertos. Isso ocorre em condições favoráveis, como em um dia ensolarado e com alta umidade relativa.

Figura 8- Estômatos abertos e fechados



Fonte: Blancaflor., 2020.

Em condições adversas, como seca, alta temperatura ou baixa umidade, as plantas precisam conservar a água e evitar sua perda excessiva por transpiração. Nesse caso, os estômatos ficam fechados como consequência da plasmólise da célula-guarda e da célula subsidiária. Isso limita as trocas gasosas, o que pode prejudicar a fotossíntese, mas é uma adaptação importante para a sobrevivência da planta em situações de privação de água (Pacheco et al, 2021).

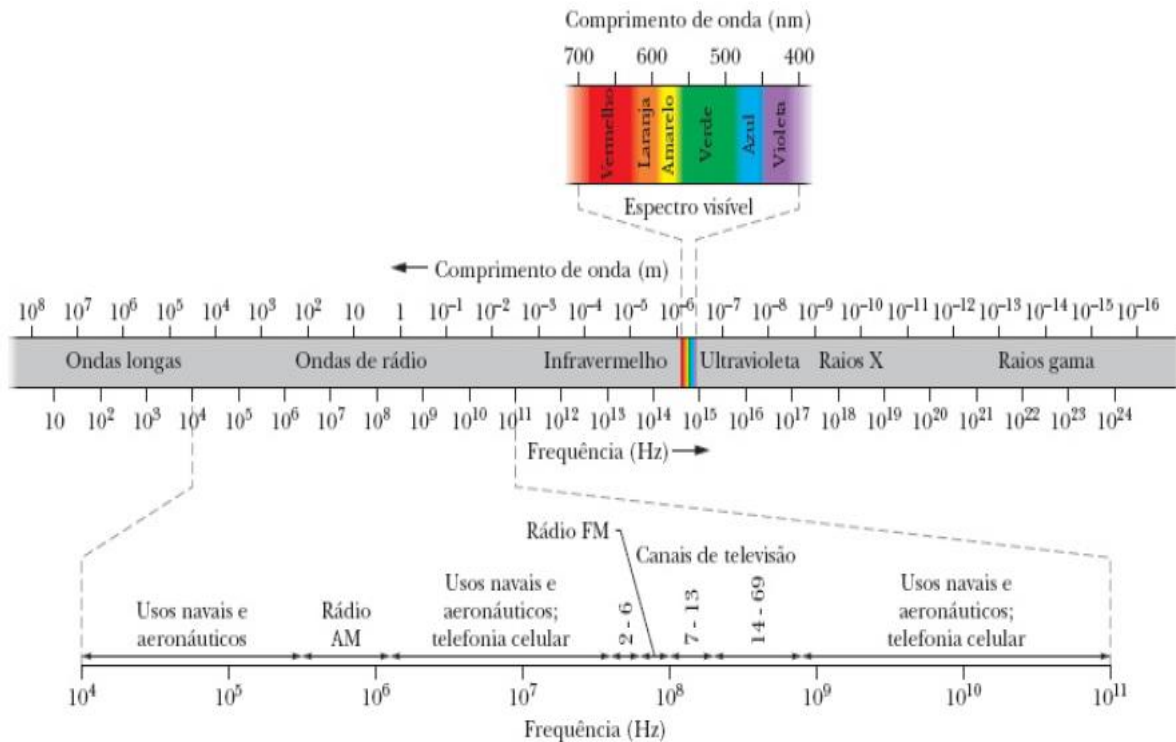
Assim, a energia solar é captada e utilizada para converter dióxido de carbono e água em glicose, um composto rico em energia. Quando os seres vivos consomem essas moléculas orgânicas por meio da respiração celular, ocorre a oxidação das ligações, liberando energia livre. Parte dessa energia é direcionada para a síntese de ATP a partir de adenosina difosfato (ADP) e íon fosfato inorgânico (Pi), enquanto outra parte é dissipada na forma de calor. O ATP gerado desempenha um papel fundamental na realização de todos os processos celulares e na manutenção da vida dos organismos. Dessa forma, a fotossíntese e a respiração celular estão interconectadas, formando um ciclo que permite a circulação contínua de energia e a sobrevivência dos seres vivos (Raven, 2007).

5.5. Luz e Espectro Luminoso

Isaac Newton, entre suas diversas contribuições à Física, descobriu o espectro de cores visíveis. Utilizando um prisma, ele percebeu que a cor branca podia se dividir em cores

diferentes, variando do violeta ao vermelho, de uma extremidade à outra do espectro (Halliday et al, 2016.). Pode-se observar o espectro eletromagnético na figura 9.

Figura 9- Espectro Eletromagnético



Fonte: Halliday et al, 2016.

Discorrendo sobre os trabalhos de James Clerk Maxwell, Hewitt (2011) afirma que

Por volta de 1862, ele calculou que o valor da velocidade de propagação de um campo eletromagnético é aproximadamente igual ao da luz, e escreveu: “É muito difícil evitar a conclusão de que a luz consiste em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos” (Hewitt, 2011, p. 463).

Diversos fenômenos reafirmam a natureza dualística da luz. Como exemplo, pode-se citar que os fótons, em determinados fenômenos apresentam natureza ondulatória, através de seus campos elétricos e magnéticos que oscilam entre si (Raven, 2007). No efeito fotoelétrico, a luz é vista como uma partícula que, ao incidir em um material, pode levar à liberação de elétrons, criando uma corrente elétrica (Halliday, 2016).

Ao interagir com a matéria, a luz é absorvida parcial ou totalmente (Halliday, 2016). De modo geral, plantas e animais absorvem luz na faixa do espectro visível; ao fazê-lo, o objeto iluminado apresenta-se colorido (Martins et al, 2018).

A decomposição da luz se torna possível devido à refração da luz, que é um fenômeno óptico que ocorre quando um raio de luz passa de um meio para outro com densidade

diferente, como do ar para a água ou de um vidro para o ar. Quando a luz atravessa essa interface entre os meios, sua velocidade e direção de propagação podem mudar, o que resulta na mudança de direção do raio de luz. Isso ocorre devido à alteração da velocidade da luz nos diferentes meios, de acordo com a lei de Snell-Descartes (Hewitt, 2011).

A refração da luz desempenha um papel importante na captação da energia luminosa pelas plantas e outros organismos fotossintetizantes. Esse fenômeno ocorre quando a luz solar incide sobre as folhas e passa através das estruturas celulares, como cloroplastos. Pigmentos, como a clorofila, absorvem seletivamente certas cores do espectro de luz visível (Raven et al, 2007).

5.6 Dificuldades na Aprendizagem de Fotossíntese

5.6.1 Física

No contexto da Física, os estudantes frequentemente enfrentam obstáculos em sua jornada de aprendizado. Moreira (2020) observa que o ensino de Física, no Ensino Médio, é ministrado, em muitos casos, de forma mecanizada, o que leva os estudantes a não compreenderem a matéria e a não conseguirem relacionar os conteúdos ao seu cotidiano. Isso muitas vezes faz com que considerem a Física como algo inútil e sem aplicação prática em suas vidas.

Menegotto et al., 2008 relata que

O sentido atribuído pelos estudantes aos conteúdos de Física - Com o intuito de avaliar a importância dada pelos estudantes à Física do Ensino Médio, fizemos a seguinte pergunta: Quais os assuntos que você considera que deveriam ser estudados na disciplina de Física? E destacamos os seguintes depoimentos: “Todos os assuntos que tenham uso prático e que possa ser usado no dia-a-dia. Menos os cálculos que são muito chatos e as fórmulas muito complicadas que, na verdade, é só pura matemática”. “Eu acho que tudo o que têm para se estudar deve ser estudado, mas tem partes que não têm importância, nunca usaremos em nossa vida”. “A compreensão da Física torna-se mais complicada e exige mais do nosso raciocínio quando nos deparamos com estudos que não são aplicados no meio em que vivemos não possuindo exemplos claros”.

Abordando especificamente conceitos físicos relacionados à fotossíntese, Barros et al (2020) destacaram que os alunos enfrentam desafios no seu aprendizado, principalmente devido à complexidade do tema e à falta de compreensão sobre como a luz e os pigmentos estão intrinsecamente ligados ao processo. O autor demonstrou, por meio de aulas teóricas e experimentais, que as atividades práticas podem contribuir significativamente para o

aprimoramento do aprendizado. Os alunos demonstraram uma compreensão mais sólida dos conceitos relacionados à fotossíntese, incluindo a importância da clorofila na absorção de luz, o processo de difração de luz e a separação de pigmentos por cromatografia. Assim, esse trabalho possibilitou que os alunos relacionassem esses conceitos teóricos à prática, tornando o aprendizado mais significativo. Essa abordagem interdisciplinar, envolvendo conceitos de física na compreensão dos fenômenos biológicos, não apenas enriquece o entendimento dos alunos sobre a fotossíntese, mas também estimula o pensamento crítico e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.

De Souza (2008) analisou o ensino de fotossíntese de forma interdisciplinar entre Física, Química e Biologia, para alunos graduandos em Ciências da Natureza. Este trabalho demonstrou, de forma clara e objetiva, que alunos de diversas áreas necessitam de um conhecimento amplificado e interativo. Ao demonstrar como conceitos físicos fundamentais são essenciais para uma compreensão completa da fotossíntese, o trabalho ilustrou a importância da Física não apenas como uma disciplina isolada, mas como uma ferramenta fundamental para desvendar os processos vitais na natureza. Essa abordagem inovadora não apenas amplia a perspectiva dos alunos em relação à Física, mas também destaca a sua utilidade nas Ciências Biológicas.

5.6.2 Biologia

Segundo Leitão et al (2013, p.9)

A Biologia é o estudo da Ciência relacionado aos aspectos dos seres vivos, (do grego bios = vida + logos = estudo, ou seja, o estudo da vida). Estuda-se sobre a vida desde o nível submolecular até o ecossistêmico.

A aprendizagem de Biologia também apresenta desafios, destacando-se o tópico fotossíntese. Neumann (2013) destaca que essas dificuldades podem surgir devido à falta de recursos visuais e à maneira predominantemente teórica como é tratado este assunto durante as aulas.

Grimes e Schroeder (2021) afirmaram que os estudantes muitas vezes não conseguem perceber as aplicações dos conceitos de Biologia em suas vidas diárias, o que pode resultar em desinteresse e dificuldades no aprendizado.

De acordo com Scarpa e Campos (2018, p.33),

A Biologia pode ser uma das disciplinas escolares mais interessantes ou mais enfadonhas para os estudantes, dependendo do modo como ela for abordada. A motivação dos estudantes com os temas de ensino é um aspecto fundamental para a promoção da aprendizagem. Explorar os temas fazendo conexões com o cotidiano dos

estudantes ou com os debates presentes na mídia é uma forma de gerar interesse levando ao envolvimento afetivo necessário ao engajamento nas atividades. Nesse sentido, a vida cotidiana oferece uma gama de oportunidades que podem ser exploradas do ponto de vista dos conceitos biológicos.

Carvalho et al (2017) destacaram a centralidade do aluno no processo de ensino-aprendizagem da fotossíntese. Esse trabalho, conduzido com alunos do sexto ano, revelou a necessidade premente de revisitar e aprofundar os conceitos ligados à fotossíntese, dada a complexidade subjacente ao tema. A introdução inicial desse tópico a partir do sexto ano é muito importante, pois fornece aos alunos bases sólidas para assimilação de conceitos cada vez mais complexos. A ausência de interação efetiva entre aluno e conteúdo no Ensino Fundamental pode gerar dificuldades que serão ampliadas no Ensino Médio, onde os estudantes explorarão com maior profundidade a fotossíntese e sua contribuição para o equilíbrio dos ecossistemas.

Almeida (2005) discutiu o resultado de um estudo descritivo envolvendo discursos de estudantes sobre a noção de fotossíntese. Tal análise revelou a persistência, ao longo da escolaridade, de explicações vagas e superficiais sobre a fotossíntese, devido, entre outros fatores, à frequente abordagem superficial do fenômeno no ensino fundamental, restringindo-se apenas “ao que entra” e “ao que sai” da planta.

A abordagem de um tema tão complexo como a fotossíntese pode ser bem-sucedida quando se adota a estratégia de valorizar e aprimorar os conhecimentos prévios dos alunos.

5.7 Interdisciplinaridade

De acordo com Coimbra et al (2000, p.9),

A interdisciplinaridade pode ser definida como um ponto de cruzamento entre atividades (disciplinares e interdisciplinares) com lógicas diferentes. Ela tem a ver com a procura de um equilíbrio entre a análise fragmentada e a síntese simplificadora (Jantsch & Bianchetti, 2002). Ela tem a ver com a procura de um equilíbrio entre as visões marcadas pela lógica racional, instrumental e subjetiva (Lenoir e Hasni, 2004). Por último, ela tem a ver não apenas com um trabalho de equipe, mas também individual (Klein, 1990).

A interdisciplinaridade é um conceito complexo que objetiva juntar e assimilar diferentes ideias para criar um conhecimento sólido, que dialogue com outras áreas. Baseia-se também na capacidade de pensar criativamente e trabalhar em equipe para resolver problemas globais usando abordagens diferentes (Santos et al, 2020).

Freire (2005) afirma que a interdisciplinaridade pode envolver a implementação de práticas pedagógicas que estimulam um estudo dinâmico, promovendo diálogo entre os conhecimentos de várias áreas. Essa abordagem possibilita que tanto alunos, quanto professores construam saberes mais significativos e integrados, superando a fragmentação e desarticulação presentes nos currículos tradicionais.

Ao examinarmos a obra de Shulman (1986), fica evidente que o ato de ensinar está intrinsecamente ligado à compreensão. O professor deve possuir uma compreensão profunda de como os conceitos se interconectam dentro da matéria que está sendo ensinada e como se relacionam com informações, pesquisas e dados de outras áreas. Além disso, além de compreender o conjunto de conceitos que serão ensinados, o docente também deve apreender os objetivos educacionais que orientam suas ações.

Como exemplo de um projeto interdisciplinar bem-sucedido, pode-se citar o estudo realizado por Silveira et al (2023) envolvendo biocombustíveis. Nesse trabalho, conhecimentos de Química, Biologia, Física e Engenharia mostraram-se fundamentais para desenvolver combustíveis mais limpos e renováveis. Para a educação, a interdisciplinaridade gera um impacto positivo, pois, por meio de práticas experimentais e aulas dialogadas, estimula que os estudantes desenvolvam habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade, preparando-se para enfrentar os desafios futuros (Silveira, 2023; Talisz, 2022).

A despeito de toda a relevância da interdisciplinaridade, no Ensino Médio, muitas vezes se observa um estudo fragmentado, no qual as disciplinas são tratadas de forma isolada.

Ressalta-se que a integração de disciplinas e a colaboração entre diferentes campos do conhecimento, como proposta pela BNCC, têm o poder de revolucionar o ensino e a pesquisa. Ela não apenas enriquece a formação dos estudantes, mas também os prepara para desafios futuros, contribuindo para soluções práticas e inovadoras. À medida que a sociedade evolui, os desafios também se tornam mais complexos; como exemplos, podem-se citar a crise energética e a segurança e produção alimentar. Nesse contexto, torna-se cada vez mais necessário formar indivíduos cientificamente letrados, bem como novos pesquisadores, que serão os provedores de conhecimento do amanhã.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os materiais didáticos desempenham um papel crucial no processo educacional, servindo como alicerce para o ensino e aprendizagem em várias disciplinas. Dentro do contexto estudado pelas ciências, esses recursos são encarregados de guiar os alunos pelos processos fundamentais que moldaram nossa existência aqui na Terra e que são vitais para a manutenção das condições propícias à vida em nosso planeta. A análise dos livros didáticos visou identificar as áreas passíveis de aprimoramento nesses materiais, a fim de proporcionar uma base mais sólida para o ensino e aprendizagem, sem se restringir exclusivamente a uma disciplina específica. Assim, nesta seção serão exploradas a estrutura e o conteúdo desses materiais e identificar áreas de destaque, bem como possíveis deficiências.

6.1 Análise de Livros de Biologia

6.1.1 Livro “Biologia Hoje”

O livro em questão, em sua apresentação, retrata a importância da Biologia e sua interação com as demais ciências da natureza. Os autores afirmam que a ciência está presente em todos os lugares e que, para pleno entendimento do mundo e da existência humana, é fundamental o estudo da Biologia. Nesse sentido, incentivam o estudo e a investigação científica. Na apresentação do livro, afirma-se também que seu conteúdo foi enriquecido com boxes explicativos, figuras e gráficos, a fim de possibilitar maior interação dos estudantes com o assunto que está sendo abordado e, assim, melhorar sua compreensão. Os autores afirmam que esta abordagem ajuda o aluno a se tornar um cidadão consciente e participativo, capaz de contribuir para melhorias na sociedade.

O livro é composto por cinco unidades, sendo que em cada uma delas é discutido um tema central. Apresenta, ao todo, 20 capítulos.

Na primeira unidade, o destaque são conceitos gerais da Biologia, destacando a importância da pesquisa científica. Este tópico é ilustrado e apresenta pequenos textos coesos, de fácil entendimento.

A seguir, há um capítulo com o título “O fenômeno da vida”. Nele, encontram-se conceitos de Física no trecho cujo subtítulo é “Transformações da matéria e da energia”, onde se aborda calor e a energia térmica. Destaca-se que:

No estudo da Física, aprendemos que o calor é a quantidade de energia térmica que passa de um corpo para outro em razão de uma diferença de temperatura entre eles. O calor passa sempre, espontaneamente, do corpo com maior temperatura para o corpo com menor temperatura, até que os corpos fiquem com a mesma temperatura. (Linhares et al, 2016, p. 16)

Em seguida, segue-se um tópico sobre nutrição autotrófica e heterotrófica, onde se aborda a falta de conhecimento sobre a fisiologia das plantas. Abordando uma situação cotidiana, os autores citam que, pela falta de conhecimento deste processo, muitas pessoas temem a existência de plantas em quartos onde alguém está dormindo, pois acreditam que a planta pode “roubar” o oxigênio.

Algumas pessoas acham que não se pode dormir com plantas no quarto. Segundo essas pessoas, à noite as plantas respiram e roubam o oxigênio das pessoas que estão no quarto (Linhares et al, 2016, p. 17).

Neste mesmo tópico, o estudo da fotossíntese é introduzido, mas não há referências a conceitos relacionados à Física.

O capítulo quatro desse mesmo volume propõe o estudo dos carboidratos. Neste contexto, o autor aborda a importância da glicose para os seres vivos e fala de sua origem por meio da fotossíntese, mas não menciona os fenômenos físicos associados a esse processo.

No capítulo sete, abordam-se temas que se relacionam ao metabolismo energético, como mitocôndrias e respiração celular, cloroplastos e seu papel nas plantas. São feitas referências à estrutura dos cloroplastos, membranas dos tilacoides e moléculas de clorofila, além de um breve relato sobre a absorção de luz que ocorre na fotossíntese. Novamente, não se faz qualquer menção aos estudos da Física. Sabendo-se da importância da luz para iniciar todo o processo de fotossíntese, pode-se afirmar que a compreensão desses processos não envolve apenas a Biologia das plantas, mas também requer uma base sólida na física da interação entre a luz e a matéria, demonstrando a interdisciplinaridade das Ciências Naturais.

Chega-se, então, ao capítulo nove, que trata da fotossíntese e da quimiossíntese. Os autores esclarecem que as plantas realizam fotossíntese apenas durante o dia, enquanto a respiração ocorre de dia e de noite. Relatam o início das descobertas sobre a produção de matéria orgânica pelas plantas, trazendo uma ilustração sobre o experimento de Van Helmont com o salgueiro. O experimento consiste em um salgueiro plantado em solo seco, sendo regado apenas com água por um período de tempo. Ao longo do tempo, a massa da planta havia aumentado, enquanto a massa do solo praticamente permaneceu a mesma. (Figura 10). Também

se faz uma breve menção à água e ao gás carbônico se converterem em açúcar. Embora uma equação química que representa o processo de fotossíntese seja apresentada, ela não é devidamente explorada, pois os autores afirmam que o aluno irá aprender sobre este assunto na disciplina Química.

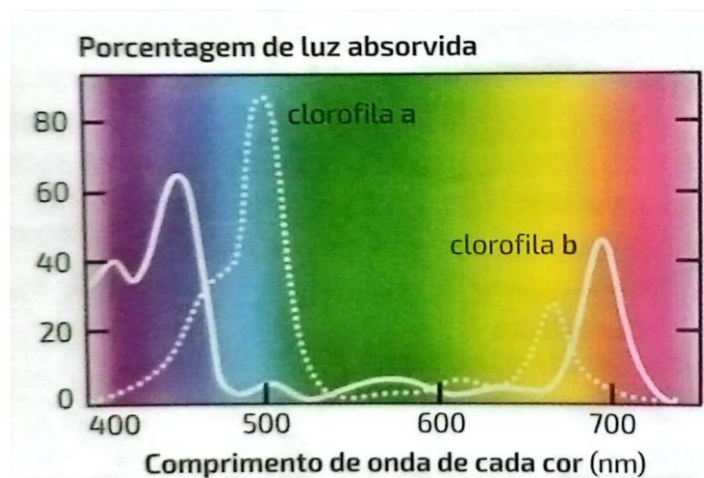
Figura 10- Experimento de Van Helmont com o salgueiro



Fonte Linhares et al, 2016.

Passa-se, então, para o estudo da clorofila. Nesse tópico, abordam-se alguns conceitos de Física. Os autores explicam que a luz que é uma onda eletromagnética, trazendo outros exemplos de ondas, como as ondas de rádio, televisão, micro-ondas, raios infravermelhos, ultravioletas, raios x e gama, citando também suas aplicações tecnológicas. Nesse trecho, a interação entre Física e Biologia é bastante coesa. Os autores também relacionam as ondas eletromagnéticas, o espectro de luz visível e a clorofila, conforme a figura 11.

Figura 11- Espectro de absorção da luz pelas clorofilas a e b



Fonte: Linhares, 2016.

O gráfico apresentado revela o espectro de absorção das clorofilas (a) e (b). É, portanto, uma representação visual da capacidade das clorofilas em absorver diferentes comprimentos de onda da luz visível. Através dele, pode-se observar claramente os picos de absorção, o que é uma informação fundamental para entender como as plantas utilizam a luz solar como fonte de energia na fotossíntese

Ao analisar o livro didático, foi possível também identificar áreas em que pode ser aprimorado, visando uma compreensão mais completa e integrada da Física e da Biologia. Tais áreas serão apresentadas oportunamente, em seção dedicada a essa finalidade.

6.1.2 Livro “Biologia - Unidade e Diversidade”

Segundo os autores, seu objetivo ao elaborarem este livro foi apresentar aos alunos uma visão moderna da Biologia, mostrando a eles como esta ciência funciona e como são feitas as pesquisas nessa área. Dessa maneira, os estudantes poderiam desenvolver habilidades e levar consigo os conhecimentos adquiridos, tornando-se cidadãos conscientes capazes de tomar decisões sobre questões que envolvam as Ciências Biológicas.

A obra traz para seus leitores um panorama sobre a diversidade biológica, desde a origem da vida no planeta. Os autores enfatizam a ideia de que a ciência representa uma colaboração incessante entre indivíduos diversos que trabalham para avançar no conhecimento.

O livro um foi avaliado neste trabalho, por ser destinado aos alunos do primeiro ano. É dividido em quatro unidades com 16 capítulos. Cada capítulo se inicia com textos e fotos para estimular a reflexão sobre o assunto a ser tratado. Para melhor contextualização e compreensão dos textos, há boxes que apresentam informações complementares e também uma seção de notícias, com recortes de jornais e revistas que trazem a proposta de associar temas e conteúdo de cada capítulo a diversos tipos de atividades. No encerramento de cada capítulo, são apresentados textos que destacam as contribuições de outras áreas para melhor compreensão de seu tema central.

O capítulo um, cujo título é “Vida - Múltiplas dimensões de um fenômeno complexo”, retrata o fenômeno da vida. Esse capítulo traz como subtítulo “Biodiversidade, a vida em interação”. Aqui iniciam-se os estudos sobre a fotossíntese: ao se discutir a manutenção da vida, os autores destacam que os animais, por não serem capazes de realizar fotossíntese ou

quimiossíntese, dependem de organismos fotossintetizantes para sua sobrevivência, uma vez que obtêm matéria orgânica por meio da alimentação. Ainda nesse trecho, fala-se sobre a clorofila e a sua relação com os seres autotróficos, mas sem qualquer menção a conceitos da Física.

O capítulo dois traz explicações sobre as células. Dentre os exemplos apresentados, tem-se as células vegetais, com destaque para os cloroplastos, a clorofila e a captação de energia. Novamente, não se abordam quaisquer conceitos físicos.

No capítulo quatro, intitulado “De que somos feitos?”, abordam-se proteínas e vitaminas. Aqui também, ao se discutir a alimentação do ser humano, faz-se uma referência a fotossíntese, especificamente sobre a conversão de energia, mas sem detalhar os processos envolvidos.

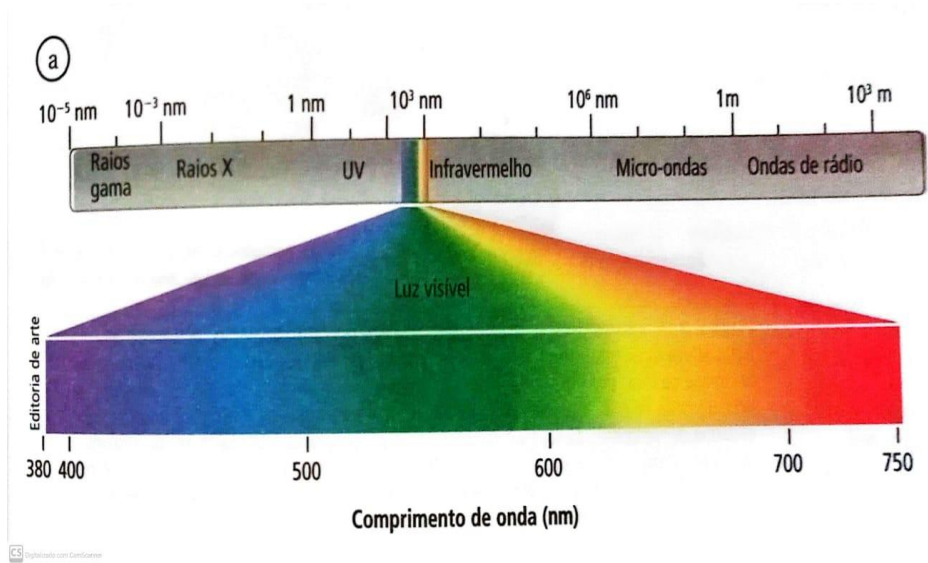
O Capítulo cinco, cujo título é “Compartimentos Celulares - Estrutura e função”, traz um tópico intitulado “Células vegetais e osmose”. Neste trecho, há uma referência à captação de luz solar pelas folhas das plantas e sua relação com a osmose, mas não há nenhuma ligação com a disciplina Física.

Já o Capítulo sete apresenta um tópico dedicado à fotossíntese, no qual são abordados trabalho e energia, luz visível, radiação ultravioleta, clorofila e elétrons energizados. O autor destaca que:

(...) ao passar por um prisma, a luz branca é decomposta em sete faixas coloridas (as cores do arco-íris). Quando se ilumina um objeto verde, como uma folha, ele absorve as outras cores e reflete a verde, da mesma forma que um objeto vermelho reflete a luz vermelha (Favaretto, 2016, p.121).

Nesse mesmo tópico, podem-se observar conteúdos importantes para uma abordagem interdisciplinar, como destacado na figura 12, que se refere à variação de todas as ondas eletromagnéticas, que incluem radiações eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda. Essas radiações variam desde ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, (que é onde entra a fotossíntese), ultravioleta, raios X até raios gama.

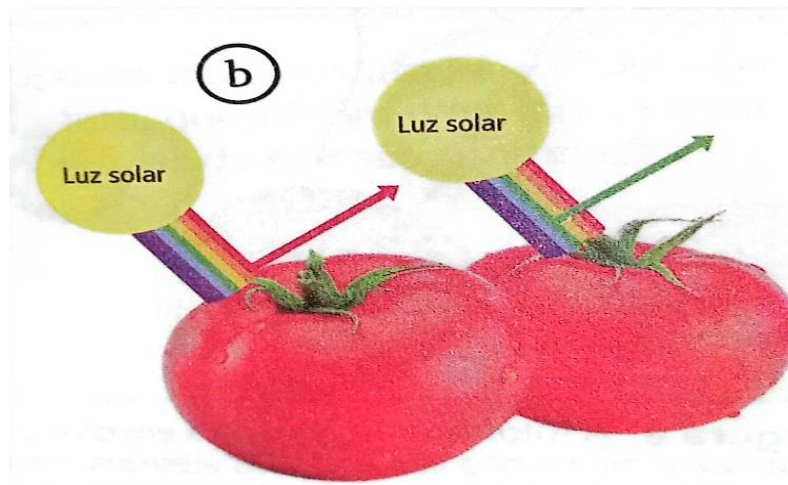
Figura 12- Espectro eletromagnético



Fonte: Favaretto, 2016.

O espectro de luz visível é a faixa específica do espectro eletromagnético que os olhos humanos podem perceber. Esse espectro é o resultado da luz branca sendo dividida em diferentes comprimentos de onda. Cada cor tem um comprimento de onda específico, sendo o vermelho associado a comprimentos mais longos e o violeta a comprimentos mais curtos. A combinação de cores primárias (vermelho, verde e azul) cria as diversas tonalidades percebidas, que é o caso apresentado na figura 13.

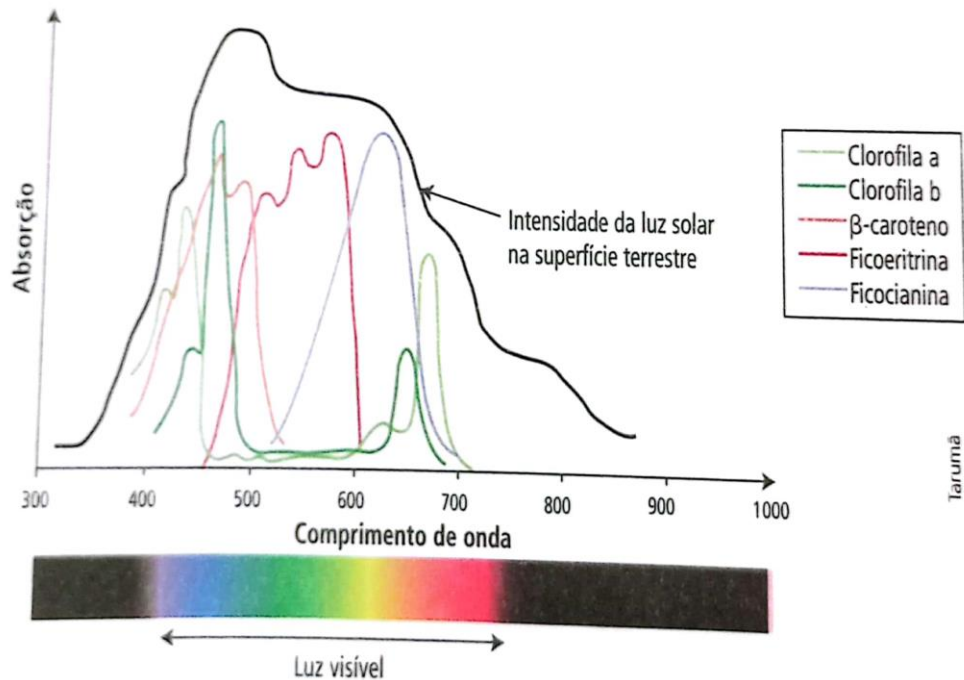
Figura 13- Espectro de luz visível



Fonte: Favaretto, 2016.

A intensidade da luz solar desempenha um papel importante na fotossíntese. Em condições de alta intensidade luminosa, as clorofilas maximizam a absorção de energia, resultando em uma produção mais significativa de compostos orgânicos. No entanto, existe um ponto de saturação luminosa no qual a taxa de fotossíntese atinge seu máximo, como pode ser visto representado na figura 14.

Figura 14- Captação de energia luminosa e transferência para a clorofila a



Fonte: Favaretto, 2016.

Ao descrever os fatores que limitam a fotossíntese, são citadas a intensidade de iluminação, a concentração de CO_2 e a temperatura; novamente, não foram mencionados aspectos físicos. Entende-se que este capítulo, por tratar especificamente da fotossíntese, poderia ter trazido mais conceitos da Física, como, por exemplo, uma discussão sobre a absorção de luz pela clorofila que considerasse os comprimentos de onda e sua relação com a radiação eletromagnética.

6.1.3 Análise comparativa dos livros de Biologia

Os livros foram analisados, ainda, em relação a aspectos de caráter prático que impactam em sua organização e utilização pelos estudantes. Assim, foram avaliados (i) a adequação ao seu público-alvo, ou seja, estudantes do Ensino Médio; (ii) a clareza dos textos apresentados; (iii) a coerência entre as informações apresentadas; (iv) a existência de textos

complementares, exemplificações relacionadas ao cotidiano dos estudantes, orientações para o estudo e roteiros de experimentos e atividades; (v) a divisão e a estrutura do livro; (vi) a abordagem integrativa entre Física e Biologia. Em todas as análises, buscaram-se ao menos indícios de interdisciplinaridade. Os resultados se encontram no quadro 3.

Quadro 3- Comparação entre os livros de Biologia.

<u>Conteúdo teórico</u>								
<u>Parâmetro</u>	<u>Biologia Hoje</u>				<u>Biologia - Unidade e Diversidade</u>			
	<u>Fraco</u>	<u>Regular</u>	<u>Bom</u>	<u>Excelente</u>	<u>Fraco</u>	<u>Regular</u>	<u>Bom</u>	<u>Excelente</u>
1 - Adequação ao público-alvo		X					X	
2 - Clareza do texto (definições, termos, etc.)		X				X		
3 - Coerência entre informações apresentadas	X				X			
4 - Presença de textos complementares		X					X	
5 - Exemplificações correlacionadas ao dia a dia do aluno			X		X			
6 - Orientações de Estudo		X				X		
7 - Experimentos e Atividades	X				X			
8 - Divisão e Estrutura do Livro		X				X		
9 - Integração Física-Biologia	X				X			

Fonte: elaborado pela autora.

O livro “Biologia - Unidade e Diversidade” foi considerado mais adequado ao público-alvo devido à sua preocupação em trazer relatos e ilustrações de conceitos físicos, o que pode contribuir para uma compreensão mais integrada e aplicada dos temas abordados. A presença desses elementos pode tornar o conteúdo mais acessível e envolvente para os estudantes durante seus estudos.

Os textos dos dois livros foram classificados como tendo clareza regular devido à falta de conexão entre as disciplinas, o que pode comprometer o entendimento dos alunos. Por exemplo, a falta de exploração dos conceitos físicos relacionados à fotossíntese nos dois livros pode dificultar a compreensão completa do processo pelos estudantes.

A coerência dos dois livros é classificada como boa; ambos cumprem seu papel de apresentar a Biologia, apesar da falta de integração entre as disciplinas, como já foi dito anteriormente. Por exemplo, ao abordar a fotossíntese, ambos os livros deixam de mencionar como a interação da luz com a matéria, especificamente com a clorofila, promove a absorção de energia durante a fotossíntese. O entendimento dos comprimentos de onda da luz visível e a capacidade da clorofila em absorver luz em diferentes faixas espectrais são elementos cruciais que não são explorados, perdendo assim a oportunidade de uma abordagem mais completa e interdisciplinar, que integraria conceitos fundamentais da Física ao estudo biológico do processo fotossintético. Essa lacuna prejudica a compreensão integrada do tema.

O livro “Biologia - Unidade e Diversidade” apresenta exemplos mais aplicados e contextualizados, que buscam relacionar conceitos biológicos com situações do cotidiano dos estudantes.

As orientações para o estudo foram classificadas como regulares devido à necessidade de uma abordagem mais integrativa. De modo semelhante, as atividades foram consideradas fracas por não abordarem a interdisciplinaridade, pois isso pode limitar a compreensão dos alunos sobre como as ciências naturais se relacionam.

A divisão e estrutura dos livros foram classificadas como regulares devido à falta de uma abordagem mais coesa e integrada entre os capítulos, o que poderia facilitar a compreensão do conteúdo de maneira mais fluida e lógica.

A interação entre Física e Biologia é considerada fraca nos dois livros devido à falta de exploração de conceitos físicos fundamentais em áreas específicas. Isso indica uma lacuna na integração dessas disciplinas, conforme explorado a seguir.

6.1.4 Principais Lacunas Identificadas nos Livros de Biologia

A ausência de uma abordagem interdisciplinar entre Biologia, Física e Química compromete a compreensão dos estudantes sobre a natureza multifacetada da fotossíntese. Reafirma-se que uma abordagem interdisciplinar poderia facilitar a conexão entre as diferentes Ciências da Natureza.

A falta de exploração do espectro luminoso, incluindo o espectro de absorção da clorofila, representa uma oportunidade perdida para conectar a Física à Biologia e elucidar como as plantas utilizam a luz solar como fonte de energia. A ausência de conceitos físicos específicos, como efeito fotoelétrico, espectros de absorção e leis da termodinâmica, nas discussões sobre fotossíntese, limita a compreensão dos alunos sobre a interação da luz com os pigmentos fotossintéticos. Enfatizar aplicações práticas na Física, como a conversão de energia luminosa, poderia tornar o ensino mais aplicável e atrativo para os alunos, proporcionando uma compreensão holística da fotossíntese. A ênfase na importância da fotossíntese na cadeia alimentar, no ciclo do carbono e no equilíbrio ecológico é necessária para contextualizar o processo de maneira mais ampla.

A falta de uma definição clara e abrangente da fotossíntese em ambas as obras pode prejudicar a compreensão inicial dos alunos sobre o conceito. A omissão de processos-chave, como a absorção de luz pelas clorofilas, a conversão de energia luminosa em energia química e os processos de transferência de elétrons nas cadeias de transporte, representa uma falha grave, pois esses elementos são fundamentais para compreender a vital importância da fotossíntese na manutenção da vida na Terra.

6.2 Análise de Livros de Física

6.2.1 Livro “Curso de Física”

Este livro faz parte da coleção composta por três volumes, ficando o volume um destinado ao primeiro ano. Novamente, este foi o volume selecionado para análise.

Na apresentação do livro, os autores orientam os estudantes sobre como estudar e a forma de utilizar o exemplar, a fim de obter um melhor aproveitamento nos estudos da disciplina.

O livro é dividido em quatro unidades e nove capítulos. Apresenta textos em pequenos blocos com títulos indicativos para facilitar a compreensão do leitor, bem como textos de revisão e propostas de experimentos simples. Apresenta aplicações das leis e conceitos físicos em problemas do dia a dia e exercícios de fixação, propondo a construção gradativa do conhecimento.

No capítulo um, intitulado “Medidas”, discutem-se os ramos da Física. Ressalta-se que as discussões apresentadas foram restritas à disciplina Física. A partir daí, há pequenos tópicos com figuras e informações que fazem referências a alguns assuntos que se relacionam com a Biologia, mas sem abordá-la diretamente. Como exemplo, podem ser citados calor e ótica.

O tópico sobre Física Moderna aborda o estudo dos átomos e dos elétrons, abrangendo a interação dos elétrons de moléculas químicas com os fótons de luz. Em linhas gerais, os elétrons em níveis de energia mais baixos são excitados para níveis de energia mais elevados quando absorvem luz, o que é um fenômeno quântico. Esse é um dos processos centrais da fotossíntese; apesar disso, o livro, ao apresentá-lo, aborda somente aspectos físicos.

No capítulo oito, “Trabalho de uma força”, os autores afirmam que a energia representa a capacidade de realizar trabalho. Já trabalho é definido como a transferência de energia de uma forma para outra. Ao abordar “Trabalho e Energia”, os autores citam vários exemplos de energia como:

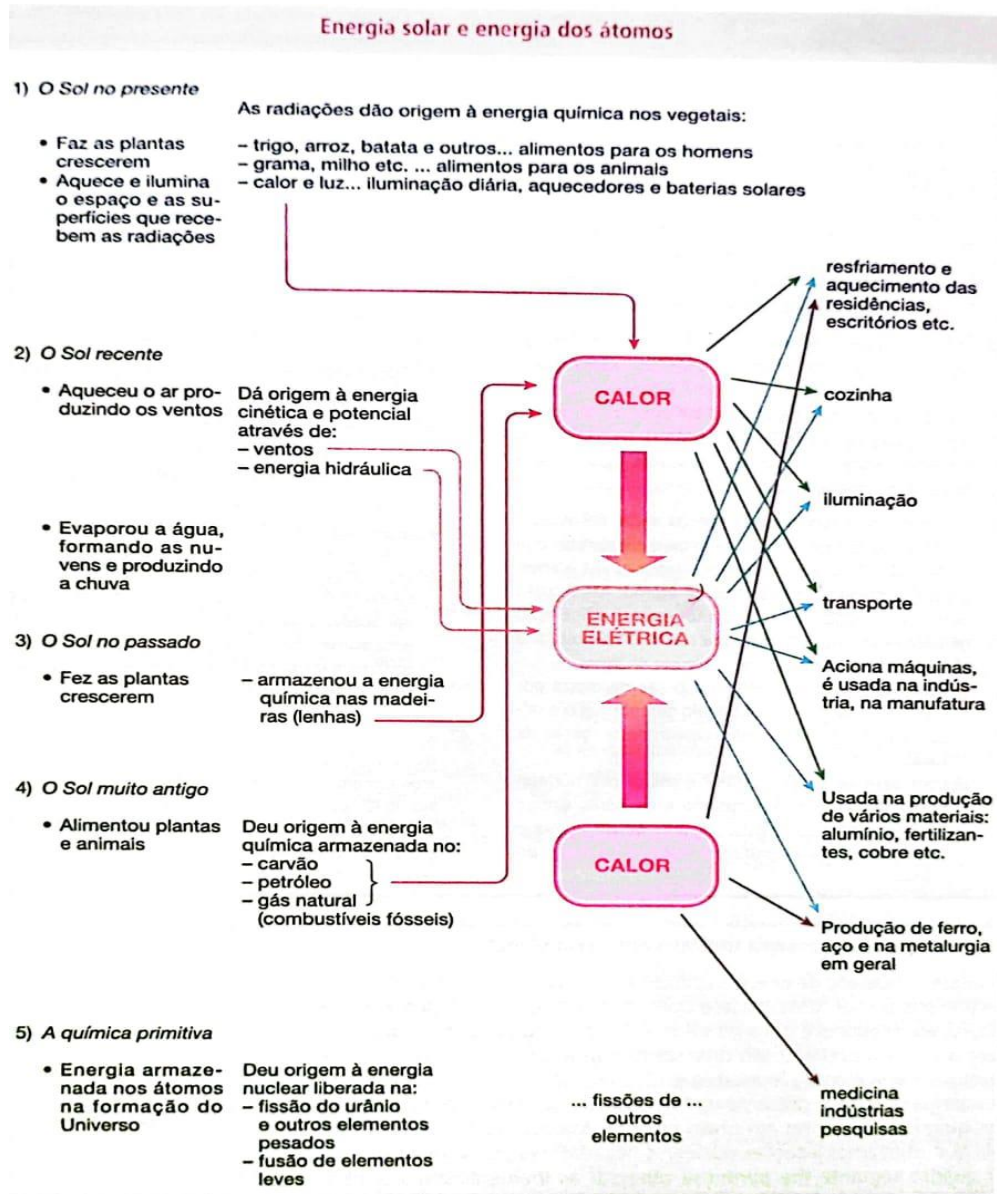
Assim, diremos que um corpo possui energia se ele for capaz de realizar um trabalho. Por exemplo, uma pessoa que é capaz de realizar o trabalho de suspender um corpo graças a energia que lhe é fornecida pelos alimentos que a pessoa ingere (Alvarenga et al, 2000, p.275).

No tópico sobre “Conservação da Energia”, descreve-se a ideia de que a energia total em um sistema isolado permanece constante, desde que nenhuma energia seja adicionada ou perdida para o ambiente. Essa lei da conservação de energia é amplamente aplicável a várias áreas da Física e pode ser relacionada a muitos fenômenos e sistemas.

Na fotossíntese, parte da energia é preservada, pois a energia luminosa absorvida pela clorofila se converte em energia química armazenada nas moléculas orgânicas. Essa energia química é usada pela planta, ou por outros organismos que se alimentam da planta, para realizar trabalho, como o crescimento, a reprodução e a produção de ATP para as atividades celulares.

Durante a análise deste livro, a referência mais próxima à fotossíntese foi encontrada, no capítulo oito, no tópico de exercícios de fixação “De onde provém a energia utilizada em nosso planeta - Energia solar e energia dos átomos”. Como pode ser visto na figura 15, os autores se referiram ao sol como responsável pelo crescimento das plantas, por aquecer e iluminar o espaço e as superfícies que recebem as radiações solares, destacando a importância das radiações na origem da energia química dos vegetais. Apesar disso, a palavra fotossíntese não foi mencionada. Levando-se em consideração que este livro foi desenvolvido para alunos do primeiro ano do Ensino Médio e que muitos deles sequer sabem como ocorre a fotossíntese, a apresentação desse conceito seria de grande relevância.

Figura 15- Energia solar e energia dos átomos



Fonte: Alvarenga, 2000.

Portanto, o tópico fotossíntese não foi claramente abordado nesse livro. Os autores oferecem uma base sólida de conceitos físicos, mas sem integração com a Biologia. Ressalta-se que, devido à fotossíntese ser o processo pelo qual as plantas produzem energia química, com implicações diretas na vida cotidiana, sua inclusão nas discussões sobre energia e outros processos físicos durante as aulas pode ser valiosa para os alunos, enriquecendo o seu conhecimento.

6.2.2 Livro “Física - Interação e Tecnologia”

Também foi analisado o volume um da coleção, por ter sido elaborado para alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

Na apresentação do livro, os autores se propõem a apontar uma ligação entre os conhecimentos da Física e o dia a dia dos estudantes.

O livro é dividido em oito capítulos com textos e exercícios de revisão, que trazem exemplos com resolução passo a passo. Possui, também, dois capítulos complementares e dois projetos interdisciplinares, que visam integrar os principais temas tratados no volume a outras disciplinas do Ensino Médio. Cada capítulo apresenta fotos, a fim de motivar os estudos a partir de questões do cotidiano, boxes com textos sobre aspectos históricos e exercícios finais. Além disso, há exercícios de revisão e atividades experimentais de fácil aplicação para os estudantes.

Esse livro também apresenta lacunas significativas na exploração da interdisciplinaridade entre a Física e a Biologia, particularmente no que diz respeito à fotossíntese.

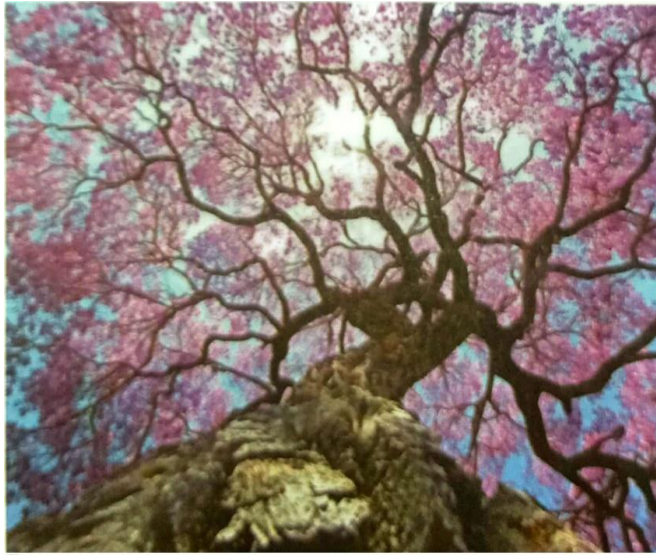
No capítulo sete, os autores abordam o conceito de energia, relatando sua importância para os seres humanos e sua utilidade em muitos fenômenos, mas sempre enfatizando o universo da mecânica. Neste capítulo, aborda-se a conservação de energia e como ela pode ser transferida e transformada entre diferentes formas.

De modo semelhante, conceitos relacionados às leis da termodinâmica, espectro eletromagnético, natureza ondulatória da luz e conservação de massa e energia são abordados sob um ponto de vista estritamente físico.

É importante ressaltar que, dentre os projetos propostos pelos autores, há um projeto intitulado “O sol nosso de cada dia”. Propõe-se uma análise da importância do sol em diferentes áreas de estudo, abordando questões ambientais, artísticas e filosóficas. O projeto tem o objetivo de facilitar a integração de conhecimentos adquiridos durante as aulas de Física, História, Biologia, Geografia, Literatura e Arte.

A integração com a Biologia é vista de forma explícita somente neste projeto, que apresenta uma questão sobre “Qual a importância do sol para a vida na terra? Sem ele, existiria vida na terra?” É apresentada ainda uma ilustração onde o sol ilumina um ipê rosa (figura 16).

Figura 16- Ipê-rosa iluminado pelo sol, no pantanal mato-grossense



Fonte: Filho, 2016.

6.2.3 Análise comparativa dos livros de Física

De modo similar ao descrito para os livros de Biologia, os livros de Física também foram analisados quanto a alguns aspectos específicos, conforme o Quadro 4.

Quadro 4- Comparação entre os livros de Física

Conteúdo teórico								
Parâmetro	Curso de Física				-Física - Interação e Tecnologia			
	Fraco	Regular	Bom	Excelente	Fraco	Regular	Bom	Excelente
1 - Adequação ao público-alvo			X				X	
2 - Clareza do texto (definições, termos, etc.)			X				X	
3 - Coerência entre informações apresentadas			X			X		
4 - Presença de textos complementares			X				X	
5 - Exemplificações correlacionadas ao dia a dia do aluno		X				X		
6 - Orientações de Estudo			X				X	
7 - Experimentos e Atividades			X				X	
8 - Divisão e Estrutura do Livro			X				X	
9 - Integração Física-Biologia	X				X			

Fonte: Elaborado pela autora.

A adequação ao público-alvo de ambos os livros foi considerada bom por não estabelecerem uma conexão efetiva entre Física e Biologia, deixando lacunas significativas para alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

A clareza dos textos dos livros foi considerada regular, pois embora o texto seja claro em conceitos físicos, falta clareza na conexão com a Biologia, especialmente ao se abordar energia.

Ambos os livros apresentaram boa coerência entre informações apresentadas, pois tinham sólida coerência em seus conceitos físicos, mas sem conexão com outras disciplinas.

Os dois livros analisados apresentam diversos textos complementares que podem favorecer o aprendizado. Outra característica similar entre os livros foi a ausência de exemplos correlacionados ao cotidiano dos estudantes.

As orientações de estudo dos dois livros não abordam aspectos interdisciplinares. A interdisciplinaridade também não é explorada nos experimentos propostos em nenhuma das obras analisadas. A estrutura dos dois livros permite uma boa exploração dos conceitos físicos apresentados.

Por fim, ressalta-se que ambos os livros não apresentam integração com a Biologia, especialmente no que diz respeito à fotossíntese.

6.3 Livros de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

6.3.1 Moderna Plus – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias

A proposta da coleção é de auxiliar os professores de cada um dos três componentes curriculares integrantes da área Ciências da Natureza. Se propõe a abordar temas interligados ao cotidiano dos alunos, a fim de promover sua curiosidade, e a estimular o conhecimento e uso das tecnologias digitais de informação e comunicação. Os autores relatam na apresentação do livro que esta coleção foi escrita no período da pandemia de COVID-19 e, por isso, trazem um relato de grande valor reflexivo:

Essa tragédia certamente nos deixará lições importantes. A crise tem evidenciado, por exemplo, o papel fundamental da Ciência para a sobrevivência da espécie humana em nosso planeta. Termos científicos que antes eram domínio apenas de especialistas – estatísticas e projeções matemáticas, pandemias, epidemias, estrutura e reprodução dos vírus e das células vivas, endossomos, defesas imunitárias etc. – foram incorporados ao repertório das pessoas leigas. O mundo não será mais o mesmo de antes da pandemia, e a ciência será mais valorizada e receberá a importância que realmente tem para os cidadãos (Amabis et al, 2020, p.3).

O Novo Ensino Médio foi uma reforma educacional que trouxe em sua proposta uma abordagem mais flexível e integrada, permitindo que os estudantes personalizassem seus percursos de aprendizado, escolhendo itinerários formativos de acordo com suas aptidões e interesses, visando uma formação mais alinhada às demandas contemporâneas e às diversas áreas do conhecimento:

Recentemente no Brasil, o ensino médio foi reformulado a partir da Lei n.º 13.415 de 2017, tendo sido anteriormente apresentada à sociedade por meio uma medida provisória (MP) de n.º 746 de 2016. A Lei altera artigos da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) 9394/96 e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Conhecida como Lei da Reforma do Ensino Médio, ela foi muito discutida por diversos profissionais da área da educação, pois apresenta alterações e mudanças significativas para essa etapa da educação brasileira (Souza et al, 2020. p 2 e 3).

No Novo Ensino Médio, foi proposta uma integração entre as disciplinas Física, Biologia e Química, formalizando o grande campo das Ciências da Natureza. Em linhas gerais, procurou-se eliminar os excessos de detalhes das disciplinas, visando uma educação voltada para a realidade vivenciada pelos estudantes.

A coleção analisada é composta por seis volumes, sendo eles: O Conhecimento Científico, com 13 capítulos; Água e Vida, com 12 capítulos; Matéria e Energia, com 12 capítulos; Humanidade e ambiente, com 12 capítulos; Ciências e Tecnologia com 12 capítulos; e Universo e Evolução, com 12 capítulos.

Na apresentação dos livros, seus autores destacam a significativa interação entre Biologia Física e Química, tanto no conteúdo teórico, quanto nas suas diversas aplicações. Afirmam que a coleção foi planejada para promover a participação, reflexão e interação dos estudantes com problemas que envolvem a sociedade, mesmo que isso significasse uma abordagem mais superficial de aspectos técnicos de cada área. A expectativa dos autores era de que os alunos compreendessem a importância da integração entre as disciplinas para entender os fenômenos naturais. Eles destacaram, também, que somente com a junção de todas as áreas, pode-se obter uma solução aos problemas propostos dentro da sala de aula.

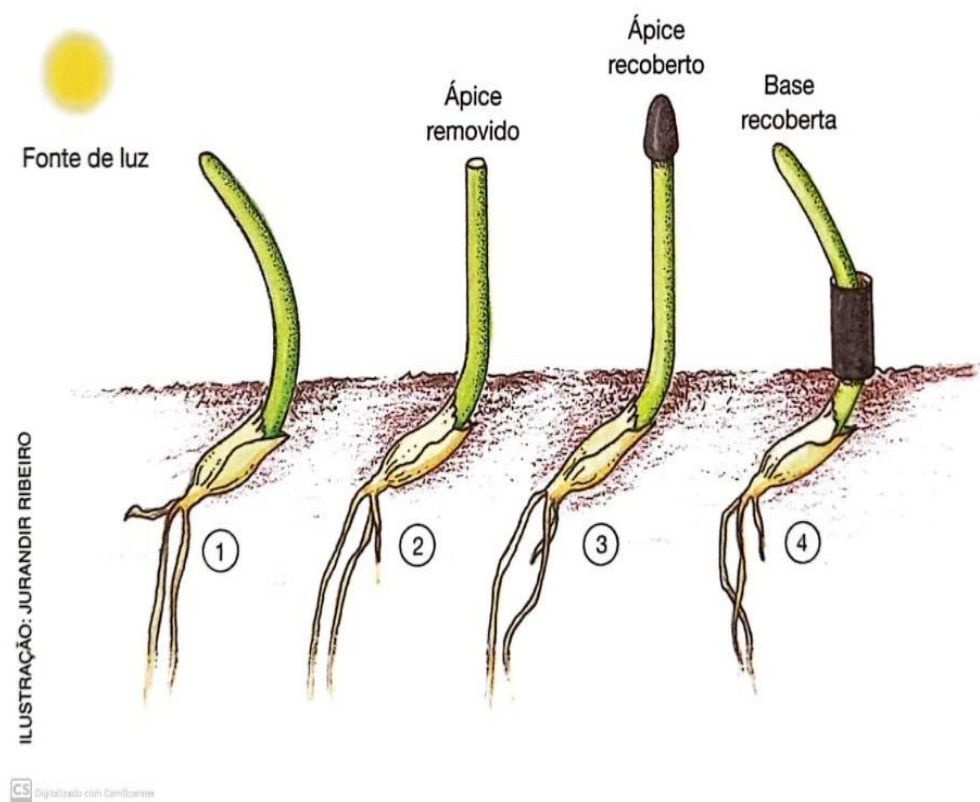
6.3.1.1 O Conhecimento Científico

Este volume apresenta, além dos textos teóricos, textos complementares, atividades e informações diretamente relacionadas aos assuntos tratados em cada capítulo. Traz, também, propostas de atividades em grupo, exemplos de exercícios resolvidos, atividades de fixação e

propostas de atividades práticas utilizando-se observações, investigações e formulação de hipóteses.

Ao se abordar a aplicação da metodologia científica no capítulo um, relaciona-se pela primeira vez a luz solar e as plantas, através da discussão do experimento de Charles Darwin e de seu filho, o botânico Francis Darwin, representado na figura 17.

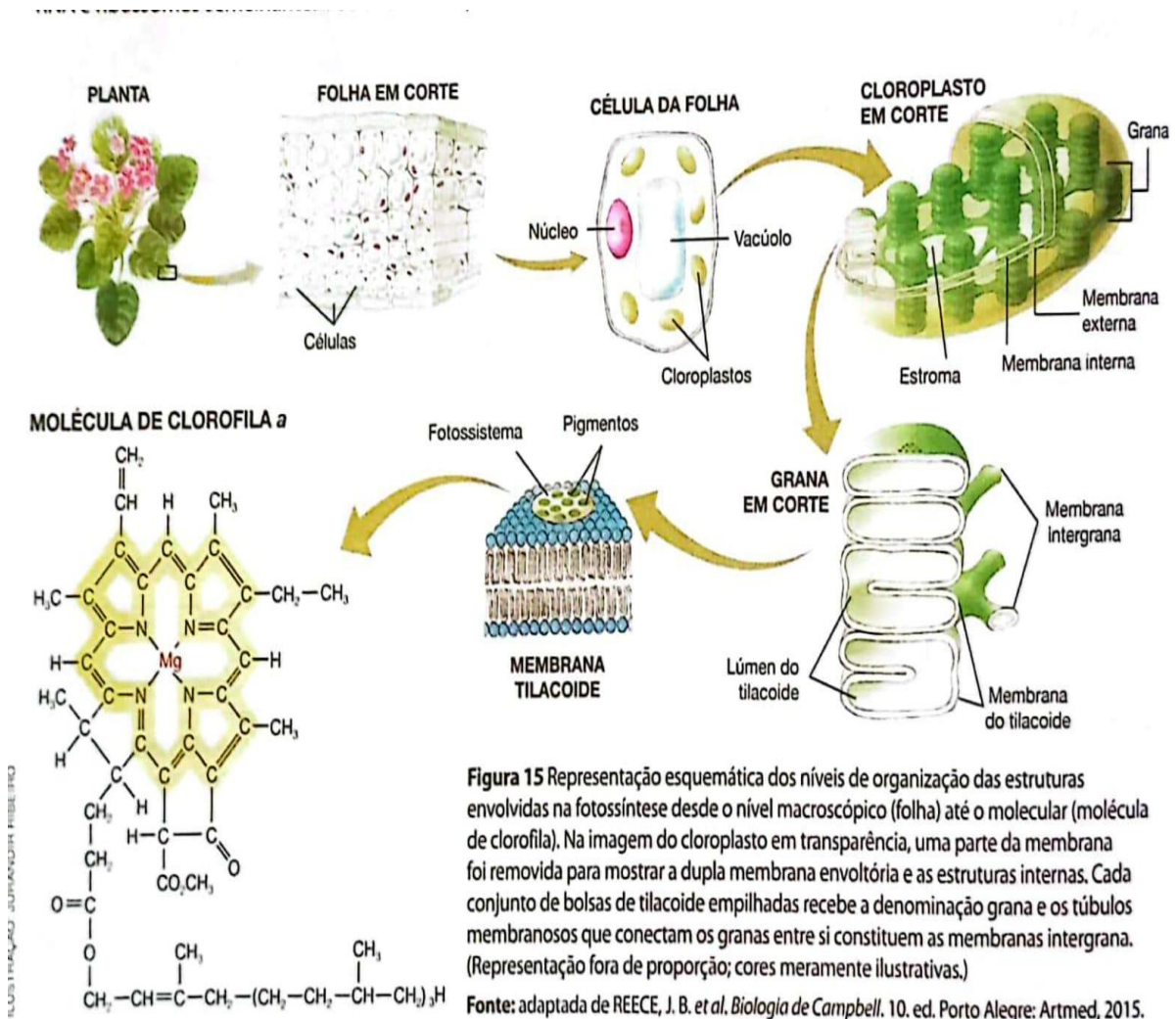
Figura 17- Representação do experimento de Charles e Francis Darwin



Fonte: Amabis et al, 2020.

Há, neste volume, somente uma referência indireta à fotossíntese: apresenta-se um pequeno texto sobre os cloroplastos (capítulo sete) e, logo em seguida, faz-se uma referência a clorofila em seu interior. Uma figura ilustra as ideias apresentadas (Figura 18).

Figura 18- Representação esquemática dos níveis de organização das estruturas envolvidas na fotossíntese desde o nível macroscópico (folha) até o molecular (molécula de clorofila).



CS Digitalizado com CamScanner

Fonte: Amabis et al, 2020.

6.3.1.2 Matéria e Energia

Neste volume, o capítulo um começa com uma discussão sobre o tema “energia”, abordando apenas os aspectos físicos dos tipos de energia classicamente estudados na Física.

No capítulo dois, é abordado o metabolismo energético. Aqui, explora-se o conceito de fotossíntese, com uma abordagem exclusivamente biológica, o que se contrapõe à proposta dos autores de uma abordagem interdisciplinar ao longo do livro.

Já no capítulo sete, pode se observar uma integração melhor, pois abordam-se os fluxos de energia e ciclos da matéria na natureza. Os autores falam sobre a importância do sol e da luz para a fotossíntese, e de como o sol é importante para a sobrevivência dos seres vivos afirma-se que a ecologia é uma ciência multidisciplinar, que reúne conhecimentos de Biologia, Química e Física e áreas das Ciências Humanas; a despeito disso, a única menção a processos físicos está transcrita a seguir:

A energia emitida pelo sol, principalmente nas formas de luz e calor, é proveniente de reações de fusão nuclear em que núcleos de hidrogênio se fundem, transformando-se em hélio. É essa energia que possibilita a existência de vida na terra: certos componentes da radiação solar aquecem o solo, as massas de água e o ar, propiciando um ambiente favorável a vida e certos componentes da radiação solar são captados pelos seres fotossintetizantes para sintetizar moléculas orgânicas (Amabis et al, 2020, p.82).

6.3.1.3 Ciência e Tecnologia

Neste volume, no capítulo sete, são abordadas substâncias oxidantes e redutoras. Aqui, há uma menção a fotossíntese, pois relata-se sua importância para a respiração celular e afirma-se que a fotossíntese consiste em reações de oxirredução:

Os processos de transferência de elétrons são mais comuns do que você pode imaginar e ocorrem em fenômenos cotidianos, como a combustão de substâncias e a formação de ferrugem. Além disso, acontecem em todos os seres vivos. Para citar dois exemplos, a respiração celular e a fotossíntese consistem em reações de oxirredução[...] uma parte dos processos metabólicos de todos os seres vivos envolve reações de oxirredução (Amabis et al, 2020, p.84).

6.3.1.4 Humanidade e Ambiente

No capítulo um, que trata de "Relações Ecológicas", os autores abordam as interações entre diferentes espécies de plantas em um ecossistema específico. Destaca-se a competição, uma interação ecológica na qual vários seres vivos competem pelos recursos disponíveis. Ao longo do capítulo, são discutidos elementos essenciais que influenciam na competitividade entre as espécies, como a eficiência na captura de luz solar, a utilização de nutrientes, as adaptações morfológicas e fisiológicas, o uso eficiente da água e as estratégias de ciclo de vida.

Em seguida, discutem-se as chamadas colônias, com menção às algas verdes, porém, sem menção à sua atividade fotossintética. Ao se tratar das interações tróficas, há um

exemplo de capivaras se alimentando de vegetais, obtendo, em última análise, energia proveniente do sol, mas novamente a relação com a fotossíntese não é destacada. Os autores proporcionam uma linha de raciocínio lógico ao abordar a cadeia alimentar, explicando como os animais carnívoros se beneficiam dos nutrientes das plantas, que foram consumidos por suas presas. No entanto, ao fazer isso, não mencionam explicitamente a importância da fotossíntese nesse processo:

A herbivoria é uma das mais importantes relações ecológicas da natureza, uma vez que, ao se alimentarem de plantas, os animais assimilam a energia captada da luz solar, que então é transferida para outros níveis tróficos das cadeias alimentares (Amabis et al, 2020, p.17).

Na discussão sobre o parasitismo, os autores introduzem de forma explícita o tema da fotossíntese ao discutirem plantas parasitas, destacando a erva-de-passarinho. Nesse contexto, enfatizam que essa planta possui folhas clorofiladas capazes de realizar a fotossíntese e abordam como ela se beneficia de uma planta hospedeira ao retirar dela água e sais minerais.

Nos capítulos três e quatro, as leis da termodinâmica são abordadas de modo exclusivamente físico, e a aplicação desses princípios à fotossíntese e outros processos biológicos ficam ausentes.

6.3.1.5 Universo e Evolução

Neste volume, não há qualquer menção à fotossíntese ou à interação entre a Física e a Biologia.

Destaca-se que, no capítulo sete, aborda-se as cores de um corpo:

A luz emitida pelo sol é uma luz policromática branca, composta de infinitas cores, das quais sete se evidenciam quando se forma o arco-íris: vermelho, alaranjado, amarelo, verde azul, anil e violeta [...] as cores dos corpos dependem das cores das luzes que eles refletem difusamente. Assim, por exemplo, se uma folha de papel, ao ser iluminada pela luz solar, apresentar-se verde, é porque reflete difusamente a componente verde e absorve as demais componentes da luz solar (Amabis et al, 2020, p.86).

Embora não seja explorado nesta coleção, este assunto apresenta potencial para se trabalhar aspectos da luz e sua importância para a fotossíntese.

6.3.1.6 Água e Vida

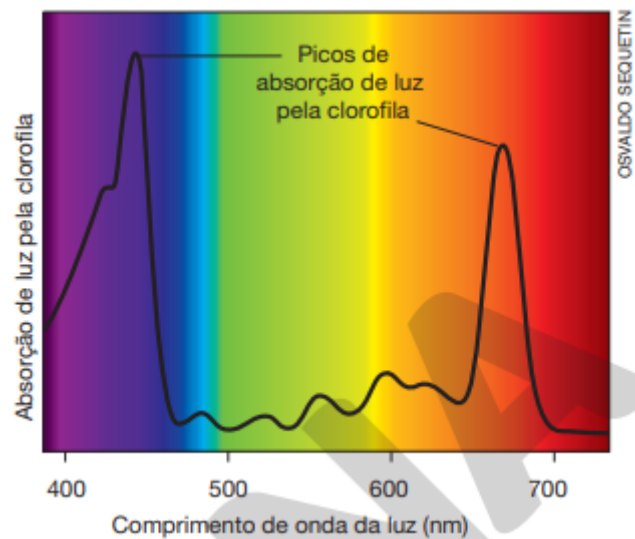
No capítulo um, fala-se sobre a diversidade das algas, apontadas como seres fotossintetizantes; porém, não se aborda como ou por que isso acontece:

Dependendo da espécie de alga, suas células podem conter um ou vários cloroplastos, organelas citoplasmáticas responsáveis pela fotossíntese. [...] Um dos critérios para dividir as algas em grupos é quanto aos tipos de pigmentos apresentados além da clorofila. Assim, há o grupo das algas verdes (clorófitas), das algas marrons (feófitas), das algas vermelhas (rodófitas), das algas douradas (crisófitas), além de outros grupos, como o das diatomáceas, dos euglenoides e dos dinoflagelados (Amabis et al, 2020, p.16).

No capítulo dois, intitulado “Anatomia e fisiologia das plantas”, os estudantes são levados a reconhecer a fotossíntese como a fonte primária de alimentos para as plantas e a identificar e explicar os fatores limitantes da fotossíntese. Os autores explicam que a germinação de sementes depende de diversos fatores, como presença de água e temperatura adequada.

Ainda nesse capítulo, enfatiza-se a importância da clorofila e sua relação com a luminosidade (Figura 19).

Figura 19 - Gráfico que mostra as quantidades relativas de energia absorvida pela clorofila em cada comprimento de onda das radiações visíveis (luz).

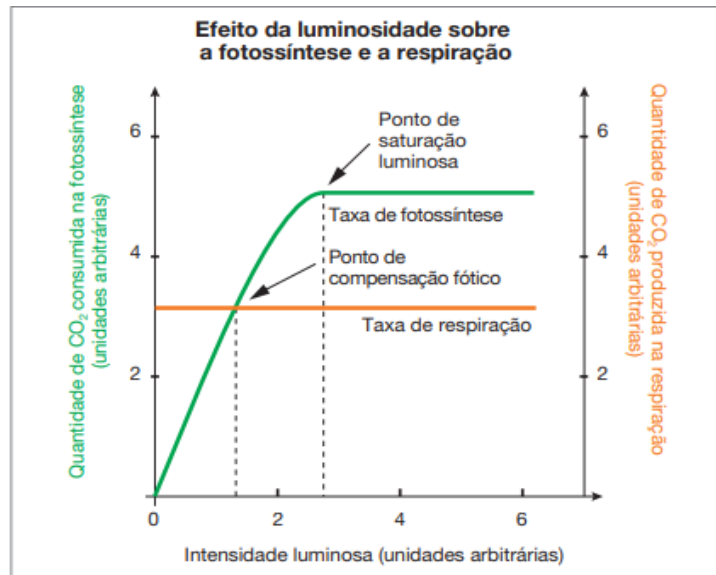


Fonte: Amabis et al, 2020.

Destaca-se que a fotossíntese é afetada por fatores como concentração de CO_2 , temperatura e luz. Aborda-se o ponto de compensação fófico, onde as taxas de fotossíntese e respiração se igualam (figura 20), evidenciando a importância da intensidade luminosa adequada para o crescimento das plantas, de acordo com suas espécies e ambientes. Essa

abordagem aprofunda a compreensão dos processos fundamentais para a vitalidade e desenvolvimento vegetal.

Figura 20- Gráfico que mostra o efeito da luminosidade sobre as taxas de fotossíntese e de respiração de uma planta.



Fonte: Amabis et al, 2020.

6.3.2 Análise dos volumes

De acordo com proposta do Novo Ensino Médio e com as premissas apresentadas pelos próprios autores, esperava-se que a coleção proporcionasse ao aluno um estudo mais dinâmico, com conteúdos abordados de forma verdadeiramente interdisciplinar. Entretanto, no decorrer da análise, embora tenha se observado alguns avanços, ainda faltaram maior integração e um diálogo mais familiarizado com o cotidiano dos alunos. Os resultados das análises objetivas estão apresentados no quadro 5:

Quadro 5- Análise dos livros de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias

Conteúdo teórico da coleção dos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias				
Parâmetro	Fraco	Regular	Bom	Excelente
Adequação ao público-alvo			X	
Clareza do texto (definições, termos, etc.)		X		
Coerência entre informações apresentadas		X		
Presença de textos complementares			X	
Exemplificações correlacionadas ao dia a dia do aluno	X			
Orientações de Estudo	X			
Experimentos e Atividades	X			
Divisão e Estrutura do Livro		X		
Integração Física-Biologia	X			

Fonte: elaborado pela autora.

A adequação ao público-alvo foi considerada "Boa" devido às propostas para facilitar o trabalho dos professores e envolver os estudantes. No entanto, a clareza do texto foi avaliada como "Regular" devido a lacunas na explicação de conceitos importantes, especialmente na fotossíntese. A coerência entre informações foi considerada "Regular" devido a inconsistências na abordagem da fotossíntese em diferentes capítulos. A presença de textos complementares foi avaliada como "Boa", pois têm potencial para enriquecer a compreensão dos assuntos tratados. As exemplificações correlacionadas ao dia a dia receberam a avaliação "Fraco", devido à falta de vínculo e familiaridade com o cotidiano dos alunos. As orientações de estudo e as propostas de experimentos e atividades foram consideradas "Fraco", pois apresentam deficiências na clareza e na abordagem prática. As instruções para os alunos explorarem os temas e realizarem experimentos carecem de detalhamento e orientações precisas, dificultando a compreensão e execução efetiva das atividades propostas, dificultando o aprendizado prático dos temas estudados. A divisão e estrutura do livro receberam uma avaliação "Regular", indicando oportunidades de melhoria na integração e interdisciplinaridade. A integração entre Física e Biologia foi considerada "Fraco", pois ao longo da análise, observou-se uma falta de articulação entre os conceitos das duas disciplinas.

6.3.4 Principais lacunas identificadas nos livros de Ciências da natureza e suas Tecnologias

As principais lacunas identificadas em diversos volumes abrangem desde a falta de integração entre os componentes curriculares até a omissão de conceitos específicos, comprometendo a compreensão integral dos processos envolvidos.

No volume "Universo e Evolução" (Capítulo sete), a ausência de menção à fotossíntese compromete a integração entre Física e Biologia, perdendo-se a oportunidade de correlacionar cores de corpos com a absorção de luz pela clorofila. Já no volume "Água e Vida" (Capítulo um), embora se aborde a diversidade das algas e sua participação na fotossíntese, a explicação sobre como ocorre esse processo é omitida. Ressalta-se que, mesmo que o assunto seja detalhadamente abordado em outro volume da coleção, uma breve explicação poderia facilitar a compreensão dos alunos.

No volume "Ciência e Tecnologia" (Capítulo sete), ao se abordar substâncias oxidantes e redutores, há uma menção à fotossíntese, sem qualquer explicação sobre o assunto. No volume "Matéria e Energia" (Capítulo sete), ao se discutir fluxos de energia e ciclos da matéria na natureza, destaca-se a importância da luz para a fotossíntese, mas a interdisciplinaridade entre Biologia, Química e Física não é enfatizada, comprometendo a compreensão integrada.

No volume "O Conhecimento Científico" (Capítulo sete), embora haja uma referência indireta à fotossíntese ao se citar os cloroplastos, os conceitos-chave sobre o assunto não são apresentados.

A análise dos livros de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias revelou também algumas falhas na apresentação de conceitos-chave, comprometendo a compreensão dos alunos.

No volume "O Conhecimento Científico", a abordagem dos cloroplastos não estabeleceu uma conexão clara com a fotossíntese, o que pode gerar confusão por parte do aluno, particularmente aqueles que não estudaram fotossíntese no Ensino Fundamental. Já no volume "Humanidade e Ambiente", a falta de ênfase na fotossíntese deixa lacunas importantes na compreensão dos processos biológicos ligados à produção de energia, impactando a visão holística das interações ambientais.

Outra lacuna foi identificada no capítulo do livro "Ciência e Tecnologia" que menciona a fotossíntese (Capítulo sete). Apesar de abordar os temas respiração celular e fotossíntese, a falta de referências que conectem a Física e a Biologia não favorecem a compreensão dos aspectos físicos associados a esse processo biológico.

Destaca-se que essas falhas foram encontradas em diferentes volumes e capítulos, evidenciando a necessidade de uma revisão detalhada na abordagem pedagógica para garantir uma apresentação mais clara e integrada dos conceitos-chave relacionados à fotossíntese.

6.4 Propostas para uma abordagem Interdisciplinar da Fotossíntese

Uma vez identificadas as principais lacunas na abordagem interdisciplinar da fotossíntese nos livros de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, é possível propor estratégias que possam ser adotadas por professores de Física e Biologia e que possibilitem maior integração entre os conteúdos e maior envolvimento dos estudantes. Serão apresentadas algumas sugestões para professores de cada disciplina:

6.4.1 Professores de Física:

Experimento de Charles Darwin: O experimento de Charles Darwin (Volume: O Conhecimento Científico, Capítulo um) pode ser explorado em aulas de Física para introduzir conceitos de óptica, destacando a importância da luz solar para as plantas. Isso pode ajudar os alunos a compreenderem a relação entre a luz e a fotossíntese.

Integração entre processos físicos e biológicos: a interdisciplinaridade entre Física e Biologia pode complementar a abordagem biológica da fotossíntese (Volume Matéria e Energia, Capítulo dois). É importante destacar, por exemplo, como princípios físicos estão envolvidos na fotossíntese, pois isso pode promover maior compreensão pelos estudantes.

Exploração Detalhada da Oxirredução: O tópico da oxirredução (Volume Ciência e Tecnologia, Capítulo sete) pode ser aprimorado em aulas de Física e Química, proporcionando uma compreensão mais clara dos processos envolvidos na fotossíntese. Isso ajudaria os alunos a relacionar aspectos físicos e químicos desse processo.

Enfatizar interdisciplinaridade: a realização de aulas interdisciplinares, envolvendo professores de Biologia, Química e Física, pode trazer resultados significativos para os aprendizados dos estudantes. A importância da luz para a fotossíntese (Volume: Matéria e Energia, Capítulo sete) é um assunto que pode ser tratado em uma dessas aulas.

Correlação das cores com a fotossíntese: A correlação das cores de um corpo com a fotossíntese (Volume: Universo e Evolução, Capítulo sete) pode ser explorada em aulas de Física, evidenciando como a luz influencia esse processo fundamental.

Exemplificar as Leis da Termodinâmica a partir da fotossíntese: Dentre os destacados físicos da história, William Thomson (1824-1907), conhecido como Lord Kelvin, desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da termodinâmica. Ele formulou conceitos-chave e contribuiu para ferramentas fundamentais, como a criação da escala de temperatura Kelvin e a proposição da segunda lei da termodinâmica (Hewitt, 2011). No entanto, é importante destacar que a primeira lei da termodinâmica, também conhecida como a Lei da Conservação da Energia, não foi proposta por Lord Kelvin. Esta lei, que afirma que a energia não pode ser criada, nem destruída, mas apenas transformada de uma forma para outra (Hewitt, 2011), foi desenvolvida por outros cientistas, como Rudolf Clausius e William Rankine na década de 1850. A aplicação prática dessa lei é evidente na fotossíntese, onde a energia solar absorvida pelas plantas é convertida em energia química armazenada nas moléculas orgânicas (Raven et al., 2007), exemplificando, assim, o princípio da conservação da energia.

A segunda lei da termodinâmica estabelece que, em um sistema fechado, o calor não flui espontaneamente de um objeto frio para um objeto quente (Hewitt, 2011). Quando aplicamos essa lei ao processo fotossintético, percebemos que a conversão de energia luminosa em energia química está acompanhada por mudanças na entropia. A energia luminosa, inicialmente altamente organizada e concentrada nos fótons de luz, é transformada em energia química nas moléculas orgânicas, resultando em um aumento na entropia. A entropia, nesse contexto, representa a dispersão e a menor organização da energia ao longo desse processo. É importante ressaltar que, embora haja um aumento na entropia durante a fotossíntese, esse processo não ocorre espontaneamente no sentido termodinâmico tradicional. A planta investe energia para realizar a conversão, exigindo trabalho para transformar eficientemente a energia luminosa do sol em energia química armazenada (Raven et al., 2007).

6.4.2 Professores de Biologia:

Detalhar o espectro de absorção da clorofila: seria interessante explorar detalhes sobre o espectro de absorção da clorofila (Volume: Água e Vida, Capítulo um), pois isso pode oferecer uma visão mais aprofundada dos processos biológicos e físicos envolvidos na fotossíntese. Sugere-se, por exemplo, destacar a correlação entre comprimentos de onda específicos e a eficiência da fotossíntese, utilizando o espectro eletromagnético.

Introduzir as leis da termodinâmica: tal sugestão é aplicável especialmente à Primeira Lei, para explicar como a energia luminosa é convertida em energia química durante a fotossíntese. Deve-se relacionar o princípio da conservação de energia com o processo biológico.

Interação luz-clorofila: Sugere-se apresentar como os pigmentos fotossintéticos, como a clorofila, estão organizados nas células vegetais, e como essa organização influencia na captura de luz. Pode-se explorar, também, conceitos de óptica, relacionando a adaptação das plantas a diferentes intensidades de luz e como isso se relaciona a absorção. Também é interessante destacar como os fótons interagem com pigmentos fotossintéticos, levando à excitação das moléculas.

6.4.3 Possibilidade diversas de interdisciplinaridade com fotossíntese:

Ressalta-se, ainda, que o papel central da fotossíntese na manutenção da vida no planeta possibilita uma abordagem integrada com diversas outras disciplinas. Assim, podem-se citar algumas possibilidades:

Geografia: Estudar como a formação de depósitos de petróleo e gás natural, que muitas vezes têm origem em matéria orgânica (como plantas) que passaram por processos de decomposição anaeróbica ao longo de milhões de anos e sua relação com a tecnologia para geração de eletricidade (Salomon, 2007).

Impactos ambientais: Discutir como a queima de combustíveis fósseis derivados do petróleo contribui para as emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera e, conseqüentemente, para o aumento do efeito estufa e as mudanças climáticas (Vieira et al, 2023).

Agricultura: Abordar como fatores geográficos, como clima e tipo de solo, influenciam a distribuição das plantas e a eficiência da fotossíntese, afetando a produção agrícola em diferentes regiões do mundo (Da Silva et al, 2021).

Letras de músicas: Muitas músicas fazem referência, de forma artística, à natureza e ao ambiente, incluindo o papel das plantas na fotossíntese. Letras que falam sobre o sol, a luz, o crescimento das plantas e a vida na Terra abordam diretamente esse processo, como a composição “Luz do Sol” (Nome do disco, data de lançamento), na qual Caetano Veloso explora poética e musicalmente esse processo fascinante da natureza, abrindo novas possibilidades de aprendizado e integração de conhecimentos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração da interdisciplinaridade entre a Física e a Biologia na compreensão da fotossíntese revela a complexidade e a riqueza do mundo natural. Aliás, trata-se de um assunto que poderia ser um modelo de aplicação interdisciplinar, envolvendo Biologia, Física e Química. Ressalta-se, ainda, que é um fenômeno fundamental para a vida na Terra, o que justifica maiores investimentos em seu ensino-aprendizagem.

Entretanto, a análise de livros didáticos de Biologia, Física e Ciências da Natureza e suas Tecnologias revelou que o assunto é tratado de forma muito fragmentada, sob o foco praticamente exclusivo da Biologia, evidenciando quão distante está a interdisciplinaridade da sala de aula.

Pode-se constatar, também, que, apesar de muitas informações estarem contidas nos estudos científicos, a sua relevância muitas vezes se perde na transição para a área educacional, onde a defasagem nas informações repassadas aos alunos acaba por gerar uma falta de integração entre os estudos científicos e a educação, criando então uma barreira no intelecto, ao gerar lacunas no aprendizado, que se torna, de certo modo, obsoleto.

Ressalta-se ainda a necessidade urgente de estreitar os laços entre a pesquisa científica e a prática educacional, particularmente aquelas vinculadas à interdisciplinaridade, de modo a enriquecer o processo de aprendizagem dos estudantes. A interdisciplinaridade não apenas proporciona uma visão mais completa e contextualizada dos fenômenos naturais, mas também instiga a curiosidade e uma melhor compreensão dos estudos durante as aulas.

Dentre as limitações deste trabalho, pode-se citar o fato de que a análise foi feita em livros didáticos disponíveis no momento da pesquisa, sendo que alguns deles não estão mais em circulação, devido às mudanças implementadas no Novo Ensino Médio e no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Além disso, existem outras possibilidades de abordagem interdisciplinar do tema fotossíntese além daquelas apresentadas neste trabalho. Sugere-se, portanto, que tais possibilidades sejam exploradas por pesquisa futuras. Uma sugestão concreta seria o planejamento e a realização de projetos pilotos interdisciplinares que explorem de forma criativa conceitos e experimentos sobre a fotossíntese, incluindo outras disciplinas além das Ciências da Natureza.

Essas sugestões podem contribuir para a promoção de uma educação mais integrada e significativa, preparando as futuras gerações para compreenderem de forma sólida e interdisciplinar o mundo e seus diversos fenômenos.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Rosiléia Oliveira de. **Noção de Fotossíntese: obstáculos epistemológicos na construção do conceito científico atual e implicações para a educação em ciência.** Candombá-Revista Virtual, v. 1, n. 1, p. 16-32, 2005
- ALVARENGA, Beatriz, MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física Volume 1.** São Paulo, Ed. Scipione, 2000.
- ALVES, Alexandre Magalhães de Moraes Ramos; MARTINS, Fabrina Bolzan; REBOITA, Michelle Simões. Balanço hídrico climatológico para Itajubá-MG: cenário atual e projeções climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.
- ARAÚJO, Thalita Macedo; DE SOUZA TESTASICCA, Míriam Conceição; DE OLIVEIRA, Adilson Ribeiro. **Proposição de uma sequência didática complementar ao livro didático para o ensino de histologia animal no ensino médio.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 159-185, 2021.
- AMABIS José, MARTHO Gilberto, FERRARO Nicolau, PENTEADO Paulo, TORRES Carlos, SOARES Júlio, CANTO Eduardo, LEITE Laura. **Água e Vida** moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias. 1.ed. são paulo: moderna.2020
- AMABIS José, MARTHO Gilberto, FERRARO Nicolau, PENTEADO Paulo, TORRES Carlos, SOARES Júlio, CANTO Eduardo, LEITE Laura. **Ciência e Tecnologia** moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias. 1.ed. são paulo: moderna.2020
- AMABIS José, MARTHO Gilberto, FERRARO Nicolau, PENTEADO Paulo, TORRES Carlos, SOARES Júlio, CANTO Eduardo, LEITE Laura. **Humanidade e Ambiente** moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias. 1.ed. são paulo: moderna.2020
- AMABIS José, MARTHO Gilberto, FERRARO Nicolau, PENTEADO Paulo, TORRES Carlos, SOARES Júlio, CANTO Eduardo, LEITE Laura. **Matéria e Energia** moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias. 1.ed. são paulo: moderna.2020
- AMABIS José, MARTHO Gilberto, FERRARO Nicolau, PENTEADO Paulo, TORRES Carlos, SOARES Júlio, CANTO Eduardo, LEITE Laura. **O Conhecimento Científico.** moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias. 1.ed. são paulo: moderna.2020
- AMABIS José, MARTHO Gilberto, FERRARO Nicolau, PENTEADO Paulo, TORRES Carlos, SOARES Júlio, CANTO Eduardo, LEITE Laura. **Universo e Evolução** moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias. 1.ed. são paulo: moderna.2020.
- BARROS, Ana Cristina Viana; DE ARAÚJO, Tales Vinícius Marinho; LIMA, Renato Abreu. Uma abordagem interdisciplinar sobre o estudo da fotossíntese. **Revista Ensino de Ciências e Humanidades-Cidadania, Diversidade e Bem Estar-RECH**, v. 3, n. 2, Jul-Dez, p. 426-445, 2019.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. **A Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.
- BRASIL, Ministério da Educação /MEC (2020). **PNLD Conectado2021. Novo Ensino Médio.** Coordenação-Geral De Materiais Didáticos - COGEAM 13 SEBASTIÃO VITALINO

DA SILVA – Coordenador-Geral Esplanada dos Ministérios, Bloco L, 5º Andar, Sala 516, CEP: 70.047-900 – Brasília – DF, Fones: (61) 2022 8419 / 8427 Emails: cogeam@mec.gov.br; sebastiao.silva@mec.gov.br. Disponível em: acesso 06. Nov. 2020.

CAMARGO, Fausto; DAROS, Thuinie. **A sala de aula inovadora-estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Penso Editora, 2018.

COIMBRA, José de Ávila Aguiar et al. Considerações sobre a interdisciplinaridade. **Interdisciplinaridade em ciências ambientais**, p. 52-70, 2000.

CORDEIRO, Silmara Terezinha Pires et al. **Desenvolvimento de jogo para o ensino de Biologia: ludo da fotossíntese**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHALMERS, Alan Francis. **O que é ciência afinal? Trad. de Raul Fiker**. São Paulo, Brasiliense, 1993.. Disponível em: https://www.nelsonreyes.com.br/A.F.Chalmers_-_O_que_e_ciencia_afinal.pdf. Acesso em: 6 dez. 2023.

DA ROCHA, Carlos Jose Trindade; DE FARIAS, Sidilene Aquino. **A importância do livro didático na integralização e aulas de Química em escola pública**. EDUCA-Revista Multidisciplinar em Educação, v. 7, n. 17, p. 1547-1560, 2020.

DENISE FLORES. Escola Educação. Estômatos. Publicado em 07/02/2020 .Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/estomatos>. Acesso: 27/10/2023

DA SILVA, Joao Manoel; LINS, Anne Ewillyn. Letramento científico no ensino de Biologia e Ciências: percepção de professores da rede pública de ensino. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 3535-3552, 2021.

DA SILVA, Thaís Rayane Gomes et al. **Fatores abióticos no crescimento e florescimento das plantas**. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, p. e19710413817-e19710413817, 2021.

DA SILVA TRAZZI, Patricia Silveira; BRASIL, Elizabeth Detone Faustini. **Aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular na perspectiva histórico-cultural**. Kiri-Kerê-Pesquisa em Ensino, n. 2, 2017.

DE ABREU LEMOS, Luana; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. A temática fotossíntese presente em livros didáticos do ensino médio brasileiro. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 13, n. 3, p. 1-18, 2021.

DE ANDRADE MARTINS, Roberto. Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de ares e os seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, n. 1, p. 167-208, 2009.

DE BRITO¹, Jhullyrson Osman Ferreira; MARTINS¹, Nuno Tavares; DOS SANTOS SILVA¹, Michelle Cristine. Evolução e diversidade do Cloroplasto. **Sobre os organizadores**, p. 40.

DE CARVALHO, Josabete Salgueiro Bezerra; MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares; DE LIMA, Leandro Dias. Relato de uma experiência de ensino sobre fotossíntese fundamentada na teoria ausubeliana. **Educação e Transformação**, v. 2, n. 1, p. 79-93, 2017.

DE FARIAS, Mateus Pinheiro. **Educação Criativa: Princípios, fundamentos e pedagogia**. Paco e Littera, 2021.

DE SOUZA, Ramon Ribeiro et al. **Fotossíntese e eletromagnetismo: uma abordagem interdisciplinar para alunos de Ciências da Natureza**. Circuito de Iniciação Científica, 2008.

DE OLIVEIRA, João Paulo Teixeira. **A eficiência e/ou ineficiência do livro didático no processo de ensino-aprendizagem**. 2014.

DE OLIVEIRA.L.E.M, 2015. **Estrutura dos pigmentos fotossintéticos**. Temas em Fisiologia Vegetal 2015. Disponível em: [ttp://www.ledson.ufla.br/](http://www.ledson.ufla.br/). Acesso: 28/10/2023

DOS SANTOS, Leidiany Dias; ANGELO, José Adriano Cavalcante; DA SILVA, Jemima Queiroz. Letramento científico na perspectiva biológica: Um estudo sobre práticas docentes e educação cidadã. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 474-496, 2020.

DOS SANTOS. V.S, 2023. **Tipos de clorofila**. Mundo Educação. disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/tipos-clorofila.htm>: 28/10/2023.

DOS SANTOS, Alex de Almeida; DE VASCONCELOS, Francisco Fábio Pinheiro; DOS SANTOS, Francisco de Assis Ribeiro. **Análise de livros didáticos de escolas da rede estadual de Feira de Santana-Bahia: Foco na abordagem da célula vegetal**. Série Educar-Volume 29 Conteúdos, p. 24.

BLANCAFLOR, ELISON. Via. Sociedade Científica. **Os estômatos de uma folha**. (2020). Disponível em: <https://www.facebook.com/Ciencianautas>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

FAVARETTO, J.A. **Biologia Unidade e Diversidade, 1º ano, 1º ed**. FTD : São Paulo, 2016.

FILHO A, G;TOSCANO, C. **Física Interação e Tecnologia – 2ª ed.** – São Paulo: Leya 2016

FLORES.D. Blog. Escola educação, (2020). **Estômatos**. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/estomatos/>. Acesso em: 18 de Dezembro de 2023

FOWLER . Samantha, UNIVERSITY .Clayton State, ROUSH. Rebecca, SANDHILLS COMMUNITY COLLEGE, WISE .JAMES, HAMPTON UNIVERSITY. **Concepts of Biology**. OpenStax Rice University 6100 Main Street MS-375 Houston, Texas 77005.

Original Publication Year 2013.

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

FREIRE. P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra; 2005.

FRIZZO.C. **Produto educacional fotossíntese à luz da contextualização**. Cartilha educativa. 2022. Disponível em [https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/705397/2/Produto%20Educativo%20PPGEC MT_Chiane%20Frizzo.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/705397/2/Produto%20Educativo%20PPGEC%20MT_Chiane%20Frizzo.pdf):. Acesso em: 20 Julho de 2023.

GRIMES E SCHROEDER. Revista Brasileira de Ensino de Física, (2021) **Os conceitos científicos dos estudantes do Ensino Médio no estudo do tema “origem da vida”** Disponível

em:<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 de agosto de 2023.

GULIS, Galina. **Ensino interdisciplinar da fotossíntese: interfaces entre a aprendizagem significativa crítica e as comunidades de investigação.** 2022.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, Volume 4. Óptica e Física Moderna.** 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HENRIQUE Duarte, Carlos. **Deteção óptica da eficiência quântica da fotossíntese.** 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual.** 11^a edição. Porto Alegre-RS: Editora Bookman, 2011.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** Guerra e Paz Editores, 2021.

KLUGE, Ricardo Alfredo; TEZOTTO-ULIANA, Jaqueline V.; DA SILVA, Paula PM. **Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese.** Revista virtual de química, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

LEITÃO. M. F, JANAINA Leitão Vilar, RENATO de Almeida. (2013) **Sistemas Biológicos. Fortaleza: Capes.** Disponível em:<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/560703/2/Livro%20Sistemas%20Biologicos%20.pdf>. Acesso: 28/10/2023

LIESENFELD, Vanessa et al. **Fotossíntese: utilização de um modelo didático interativo para o processo de ensino e aprendizagem.** Revista de Ensino de Bioquímica, v. 13, n. 1, p. 9-26, 2015.

LIMA-Melo, Yugo, et al. **"Inibição, proteção e sinalização do fotossistema I: conhecidos e desconhecidos."** Fronteiras na Ciência Vegetal 12 (2021): 791124.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando; PACCA, Helena. **Biologia Hoje. 1º ano,** São Paulo, Ática, 3ª ed., 2016.

LUZ do Sol. Intérprete: Caetano Veloso. Compositor: Caetano Veloso. In: CAETANEAR. Compositor: C. Veloso. [S. l.]: Fontana / Philips, 1985. LP, faixa 5 (3:33).

MARCOS, Carina Ferraz. **Caminhos da iluminação: uma proposta visando a interdisciplinaridade entre biologia e física.** 2021.

MARTINS, Ana Paula Barbosa Porto, Maria Beatriz Dias da Silva Maia. 2018.livro diGITAL.**A Luz, sua História e suas Tecnologias, Curso de Atualização para Professores da EducaçãoBásica.**Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/431389>.Acesso em: 21 de outubro de 2023.

MEDEIROS, Michele Dayane Facioli. **Indicadores de alfabetização científica em uma aula experimental investigativa sobre fotossíntese e respiração celular para o sétimo ano do ensino fundamental.** 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENEGOTTO, José Carlos; ROCHA FILHO, João Bernardes da. **Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 7, n. 2, p. 298-312, 2008.

MIRABEAU, Thalisson Andrade et al. Ensino da Quantização da Energia em Nível Médio Baseado em Experimentos Didáticos com Luminescência.

MOREIRA. C. **Cloroplasto**. Casa das ciencias. Revista de Ciência Elementar. 2015. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2015/161/>. Acesso: 28/10/2023.

NEUMAN. Dia-a-dia educação. **O estudo da fotossíntese mais próxima da realidade do aluno**. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_unicentro_bio_pdp_renate_neumann_braun.pdf. Acesso em: 19 de agosto de 2023.

OPENSTAX. OR. **Concepts-biology**. 25 de abril de 2013. Disponível em: <https://openstax.org/details/books/concepts-biology?Book%20details>. Acesso em: 12 Julho de 2023.

PAIVA, Enivaldo Sousa; SANTIAGO, Silvano Bastos; LIMA, Daniel Cassiano. Análise do tema fotossíntese nos livros didáticos do programa nacional do livro didático para o ensino médio (pnld/em) à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Novas abordagens no ensino de ciências e matemática**, p. 23.

PACHECO, Fernanda; LAZZARINI, Luiz Eduardo; ALVARENGA, Ivan. Metabolismo relacionado com a fisiologia dos estômatos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 36, 2021.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. & EICHHORN. **Biologia vegetal**. 7º ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A. 2007.

SALOMON, Karina Ribeiro. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. 2007.

SANTOS. M.H.S, 2023. **Ciclo de Calvin**. Biologia net. Disponível em: <https://www.biologianet.com/botanica/ciclo-calvin.htm>. Acesso: 27/10/2023.

SILVEIRA. Vinícius Ferreira de Brito. **Formas alternativas de se produzir etanol: uma análise sobre o etanol de primeira, segunda e terceira geração**. 2023.

SOUZA, Raquel Aparecida; GARCIA, Luciana Nogueira de Souza. **Estudo sobre a Lei 13.415/2017 e as mudanças para o novo ensino médio**. Jornal de Políticas Educacionais, v. 14, 2020.

SCARPA E CAMPOS. Revista Brasileira de Ensino de Física, (2018) **Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/RKrKKvjmY7MX7Q5DChvN5N/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 de agosto de 2023.

SHULMAN. L. **Those who understand: knowledge growth in teaching**.” In Educational Researcher 1986.

STREIT, Nivia Maria et al. **As clorofilas**. **Ciência Rural**, v. 35, p. 748-755, 2005.

TALISZ, Giovana Oliveira. **Economia de baixo carbono: uma alternativa sustentável para a expansão da matriz energética brasileira**. 2022.

TRAZZI, Patricia Silveira da Silva; OLIVEIRA, Ivone Martins de. O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos em aulas de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 18, p. 85-106, 2016.

VIEIRA, Marco Aurélio et al. **CO2: análise contemporânea no impacto do crescimento econômico e energia sobre a emissão de dióxido de carbono**. 2023. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. (2007). 7ª edição. São Paulo: Martins Fontes. (Originalmente publicado em 1931).

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. (1991).3ªed. São Paulo: Visor Aprendizaje y Ministério de cultura y ciência.