



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE ARAGUAÍNA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

VANESSA APARECIDA DA SILVA

**FOTOSSÍNTESE COMO ELA TAMBÉM É:
ENTRELAÇAMENTO ENTRE MATEMÁTICA E BIOLOGIA**

Araguaína (TO)
2021

VANESSA APARECIDA DA SILVA

**FOTOSSÍNTESE COMO ELA TAMBÉM É:
ENTRELAÇAMENTO ENTRE MATEMÁTICA E BIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para a obtenção de título de Licenciado em Matemática.

Orientador: Prof. Sinval de Oliveira

Araguaína (TO)

2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

S586f Silva, Vanessa Aparecida da.
FOTOSSÍNTESE COMO ELA TAMBÉM É: ENTRELACAMENTO
ENTRE MATEMÁTICA E BIOLOGIA. / Vanessa Aparecida da Silva. –
Araguaína, TO, 2021.
60 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins –
Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Matemática, 2021.
Orientador: Sinval de Oliveira

1. Interdisciplinaridade. 2. Livros Didáticos. 3. Ensino de Ciências
e Matemática. 4. Conteúdo didático. Ensino Médio.. I. Título

CDD 510

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

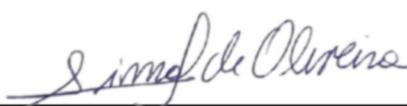
VANESSA APARECIDA DA SILVA

**FOTOSSÍNTESE COMO ELA TAMBÉM É: ENTRELAÇAMENTOS ENTRE
MATEMÁTICA E BIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para a obtenção de título de Licenciada em Matemática.

Aprovada em 24/09/21.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sinval de Oliveira - Orientador



Prof. Dr. Alessandro Tomaz Barbosa - Avaliador



Prof. Dr. Deive Barbosa Alves - Avaliador

Dedico esse trabalho a todos os profissionais da área de ensino de matemática em sua dedicação em realizar uma educação de qualidade nesse país.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de estar realizando essa trajetória tão importante na minha vida e dos meus, a minha família em especial minha mãe Lindalva e ao meu pai Divino, por todo o apoio dentro e fora dos estudos, ao meu orientador professor Sinval de Oliveira, aos colegas Teylane França, Andressa Lima, Bruno Neres, Lara Borges, Hevellyn Tays, Thalya Horrane, Aico Alves, Gabriel Costa, Nelly Almeida, Maria Cristina, Victor Wender e trabalhadores da Universidade Federal do Tocantins.

“Ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção.”
Paulo Freire (1981).

RESUMO

O processo de ensino e aprendizagem é onde surgem possibilidades de se pensar a ligação entre conteúdos aplicados, sua interdisciplinaridade, como a fotossíntese e matemática e biologia na escola e também fora dela. A interdisciplinaridade é uma forma de se construir a educação que permite tanto aos alunos como aos professores uma construção de mundo como ele realmente é: sem separações, interligado e integrado, com potencialidade para um melhor aproveitamento do ensino devido a maior de aproximação entre sujeitos. A questão problematizadora desse estudo busca encontrar caminhos para aproximar ambas as matérias citadas através da fotossíntese: *Como a matemática pode contribuir para o ensino de ciências de forma recíproca?* O objetivo aqui é elencar elementos que possibilitem o trabalho entre matemática e biologia a partir de livros didáticos da área de biologia. Para realizar esse estudo, se lançou mão do método de pesquisa bibliográfica, que é o levantamento e análise de material de forma crítica e redação sobre o tema a partir de material já produzido, tanto em seu estado processado, como artigos e livros didáticos, quanto matéria bruta, como documentos. No presente trabalho a análise bibliográfica parte de livros didáticos utilizados no Ensino Médio na disciplina de biologia: “Ser Protagonista” e “Biologia Hoje”, que permitiu a identificação de conceitos correlacionados ao fenômeno de fotossíntese que se mostram como possibilidades de troca de conhecimento interdisciplinares entre a biologia e a matemática.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Livros didáticos. Ensino de Ciências e Matemática. Conteúdo didático. Ensino Médio.

ABSTRACT

The teaching and learning process is where possibilities arise for thinking about the connection between applied content, its interdisciplinarity, such as photosynthesis and mathematics and biology at school and beyond. Interdisciplinarity is a way of building education that allows both students and teachers to build the world as it really is: without separations, interconnected and integrated, with the potential for a better use of teaching due to greater proximity between subjects. The problematizing question of this study seeks to find ways to bring both subjects mentioned through photosynthesis: How can mathematics contribute to science teaching in a reciprocal way? The objective here is to list elements that enable the work between mathematics and biology from textbooks in the field of biology. To carry out this study, the bibliographic research method was used, which is the critical survey and analysis of material and writing on the subject from material already produced, both in its processed state, such as articles and textbooks, as well as raw material such documents. In the present work, the bibliographical analysis starts from textbooks used in High School in the discipline of biology: "Being a Protagonist" and "Biology Today", which allowed the identification of concepts related to the phenomenon of photosynthesis that show themselves as possibilities for the exchange of interdisciplinary knowledge between biology and mathematics.

Keywords: Interdisciplinarity. Textbooks. Science and Mathematics teaching. Teaching content. High school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de relação entre as disciplinas de biologia e matemática	22
Figura 2 – Articulação para ensino das disciplinas de biologia e matemática..	22
Figura 3 – Equação da fotossíntese	30
Figura 4 – Relação da Fotossíntese	30
Figura 5 – Experimento exemplificador da fotossíntese	43
Figura 6 – Modelo de cloroplasto de células eucariontes	43
Figura 7– Espectro de absorção de clorofilas a e b.....	44
Figura 8 – Experimento de cores mais absorvidas pelos cloroplastos	45
Figura 9 – Gráficos da velocidade da fotossíntese em função da luminosidade	45
Figura 10 – Gráficos da velocidade da fotossíntese em função do CO ₂	46
Figura 11 – Representação do espectro luminoso.....	47
Figura 12 – Absorção da luz por diferentes cores	47
Figura 13 – Absorção da luz por pigmentos vegetais.....	48
Figura 14 – Transferência de energia pelas moléculas de ATP	48
Figura 15 – Equação da etapa luminosa da fotossíntese	49
Figura 16 – Esquema de fotossíntese	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Apresentação geral da bibliografia base.....	26
Quadro 2 – Glossário de Termos Presentes no 11º capítulo de Linhares; Gewandsznajder (2013)	31
Quadro 3 – Glossário de Termos Presentes em Linhares; Gewandsznajder (2013)	31
Quadro 4 – Glossário de Termos Presentes no capítulo. Em Catani et al, (2016)	33
Quadro 5 – Glossário de Termos Presentes em Catani et al., (2016).	35
Quadro 6 – Comparação entre os termos utilizados em “Biologia Hoje” e “Ser Protagonista”.....	36
Quadro 7 – Duas definições no mesmo livro.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Organização curricular	13
2.2 Ensino de matemática	14
2.3 Ensino de Biologia.....	15
2.4 Interdisciplinaridade	16
2.5 Aspectos históricos da interdisciplinaridade.....	20
2.6 Diálogos possíveis entre matemática e biologia.....	21
3 METODOLOGIA	24
4 UMA INCURSÃO NA BIOLOGIA: INÍCIO DE UM TRABALHO INTERDISCIPLINAR	29
4.1 O que é fotossíntese?.....	29
4.2 Quadros de termos do livro Biologia Hoje.....	31
4.3 Quadros de termos do livro Ser Protagonista.....	33
4.4 Cruzamento de dados.....	36
5 MATEMÁTICA E BIOLOGIA: INDÍCIOS DE UMA CONFLUÊNCIA	42
5.1 O Livro Biologia Hoje.....	42
5.2 O Livro Ser Protagonista	46
5.3 Matemática e fotossíntese: entrelaçamentos	50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A interdisciplinaridade aplicada em sala de aula tende a expandir e entrelaçar áreas do conhecimento que aparentemente podem ser distintas, porém apresentam aspectos comuns, que aplicados no ensino tornam-se um viés para compreensão de objetos de estudos. Assim, proporciona a união de componentes curriculares, ou seja, a conciliação entre disciplinas distintas, com possibilidades interrelacionais que favoreçam uma compreensão significativa de um conteúdo.

Ao longo deste trabalho analisaremos aspectos da Interdisciplinaridade que venham a contribuir para o ensino da matemática, e para isso utilizaremos os conhecimentos da biologia escolar e por sua vez, pensamos no sentido inverso, ao conjecturar que conhecimentos da matemática escolar poderão ser úteis para a compreensão de conceitos da biologia escolar. Logo a questão que orientou esse trabalho foi:

Como a matemática pode contribuir para o ensino de ciências de forma recíproca?

Sabemos que a matemática está presente em nosso meio, ela também é aplicada em grande parte de nossas tarefas e ações, desde o simples ato de fazer uma compra, até na maneira que a natureza se comporta. Porém nem sempre conseguimos vê-la de maneira sistemática. Portanto, faremos um estudo inicial nos livros de ensino médio de um fenômeno presente na natureza: a fotossíntese, em busca de identificar e evidenciar conteúdos matemáticos que possibilitem o docente a trabalhar com a interdisciplinaridade.

A realidade em que vivemos está em constante transformação, seja social ou tecnológica, dentre outras, e a ciência tem seu papel fundamental neste processo de compreender e explicar o passado, presente e os possíveis acontecimentos do futuro. Especificamente, sabemos que a matemática se destaca em meio a representação de fenômenos, sejam eles naturais ou não, ela está presente desde o início de os primórdios das sociedades humanas e podemos encontrá-la em acontecimentos extraordinários, quase que imperceptíveis.

Assim, pode tornar-se interessante, para os discentes, estudarem os conteúdos matemáticos por meio da contextualização associada com a realidade a qual possuem contato, portanto, se torna relevante investigar a matemática em algo que está

presente em nosso meio, usado para decorar nossas casas ou colorir os jardins. Estamos falando das plantas. Elas são essenciais para que haja vida no nosso planeta, são formas de vida capazes de realizar o processo de fotossíntese, portanto o de produzir seu próprio alimento e conseqüentemente, energia, como seres autótrofos que são, e também o de capturarem o gás carbônico da atmosfera e liberarem oxigênio no decorrer do processo. (BEOLCHI, 2007, p.1).

Na atualidade os livros didáticos se constituem como um dos recursos pedagógicos mais usados pelos professores para o desenvolvimento, ou mesmo, repetição de práticas pedagógicas. Os conteúdos abordados em cada livro, seja ele de biologia, geografia, história etc., parece-nos seguir um cronograma didático semelhante entre si, iniciam com uma pequena introdução contextualizando acerca do conteúdo, e na maioria das vezes algumas curiosidades para chamar atenção dos leitores, logo depois trazem as definições, exemplos e por fim os exercícios, seguindo esta sequência.

Nesta pesquisa nosso primeiro eixo norteador se deu por movimento para entender os processos que ocorrem na Fotossíntese, relacionando-os com conceitos matemáticos e analisar sua abordagem nos livros didáticos para que seja possível um ensino de matemática articulado com a fotossíntese. O conteúdo matemático a ser explorado será voltado para os discentes do Ensino Médio, concomitantemente elucidado no desenvolvimento da pesquisa em meio ao processo da fotossíntese.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Organização curricular

Antes de falarmos sobre interdisciplinaridade, é importante compreendermos como o sistema de ensino está organizado, para assim vermos a maneira em qual cada área disciplinar está posicionada. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), determina, partindo de uma perspectiva geral, caminhos curriculares a serem seguidos pelas instituições de ensino. Aqui iremos ressaltar os modelos de estruturas curriculares estabelecidos para o ensino médio. A BNCC (BRASIL, 2018), organizaria a estrutura do ensino por áreas de conhecimento, sendo divididas da seguinte maneira: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Cada uma dessas áreas, pode integrar dois ou mais, para que possam ter trabalhados em conjunto, permitindo compreensão aprofundada do que está sendo estudado.

A BNCC afirma que, esta organização é entendida como uma maneira de “contribuir para a integração dos conhecimentos, entendida como condição para a atribuição de sentidos aos conceitos e conteúdos estudados nas escolas”. (BRASIL, 2018, p.469). As disciplinas que conhecemos, como matemática e biologia, são organizadas de acordo como cada competências e habilidades, nas quais estão encaixadas. De acordo com Fazenda (1991), Tomaz e David (2013) podemos dizer, ao observarmos o sistema curricular de ensino, que as disciplinas são partes do conhecimento como um todo, que se torna fragmentado e organizado de acordo com áreas específicas, sendo que algumas dessas essas disciplinas apresentam convergências que podem ser exploradas de maneira mais próxima.

A disciplina de Matemática, se encaixa na área de Matemática e suas Tecnologias, que segundo a BNCC trata-se da utilização de “[...] conceitos, procedimentos e estratégias não apenas para resolver problemas, mas também para formulá-los, descrever dados, selecionar modelos matemáticos e desenvolver o pensamento computacional [...]” (BRASIL, 2018, p. 470). A Matemática, é enquadrado em eixos específicos de ensino, fragmentando ainda mais esta área do conhecimento. Esses eixos, são organizados da seguinte maneira: Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, Probabilidade e Estatística.

A disciplina de Biologia pertence a outra área de conhecimento, em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que “[...] propõe que os estudantes possam construir e utilizar conhecimentos específicos da área para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais e/ou globais, relativos às condições de vida e ao ambiente” (BRASIL, 2018, p. 470). É também organizada por uma estrutura separada em eixos, que são eles: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo.

2.2 Ensino de matemática

A Matemática é tida entre os estudantes como sendo uma das disciplinas com maior dificuldade de compreensão. Isso dar-se ao fato dela ser uma ciência abstrata e ter uma natureza dedutiva. Ela é de grande importância para a formação dos alunos pois, segundo Huete e Bravo (2006, p. 15), por meio do pensamento matemático “[...] é possível aumentar o entendimento daquilo que nos rodeia [...]”. Por isso é importante que os alunos possam compreender tal disciplina. Para isso é importante compreender que:

A matemática não é, precisamente, um conjunto de elementos sem coesão interna. Sua aprendizagem aponta uma sequência temporal específica, na qual alguns conceitos articula-se sobre o conhecimento de outros, de modo que algumas vezes, essa necessidade leva a realizar instrução tangencial de aspectos necessários para a compreensão deles. (HUETE; BRAVO, 2006, p. 16)

Em outras palavras, podemos dizer que a matemática é uma disciplina cumulativa, que necessita obter conhecimentos posteriores dentro dessa área para poder entender novos. Por exemplo, para aprender a multiplicar é necessário aprender a somar antes, ou seja, há uma ordem de aprendizado.

Por meio da matemática podemos ver o mundo por outras perspectivas, compreender os processos naturais do nosso planeta, podendo prever como e quando irão acontecer, pois o pensamento matemático é capaz de compreender e descrever a realidade em que estamos imersos. Isso implica no fato dela ser tão presente em nosso dia a dia, evidenciado a sua importância, pois segundo Huete e Bravo:

A aplicação da matemática, hoje, possui um extenso campo de atuação, como, por exemplo, agricultura, pecuária, biologia, engenharia, demografia, medicina, sociologia, política, atividades tecnológicas, industriais, comerciais, administrativas..., além daquelas relativas às ações bélicas, lamentavelmente. [...] Também não há dúvidas de que a construção da

realidades circundante está impregnada de matemática. Ademais, uma formação matemática acostuma os alunos a analisarem a realidade concreta para traduzi-la para uma nova língua depurada [...] (HUETE; BRAVO, 2006, 18).

Quando vemos a matemática por esta perspectiva é nítido a relação que ela possui com a realidade. Podemos então afirmar, de acordo com Huete e Bravo, que está como disciplina escolar também pode ser evidenciada em outras áreas do conhecimento. Entre essas, podemos destacar a Ciências da Natureza e suas Tecnologias, na qual está presente a Biologia de acordo com a BNCC. Então podemos concluir que mesmo que a matemática esteja em uma área específica, ainda sim, ela pode ser aplicada em outras disciplinas como a Biologia.

2.3 Ensino de Biologia

A disciplina de biologia entra no currículo escolar, no início do século XX, com um caráter higienista e evolucionista, pensado em um contexto individualista e salvacionista, majoritariamente sem prática e com bastante teoria, sendo que o período que entendemos hoje como Ensino Médio era dividido entre o clássico e o científico e a Biologia, nominada como História Natural. Segundo Liporini (2020), na década de 1960 a biologia se desenvolveria enquanto Ciência e os conhecimentos produzidos por ela seriam mais valorizados, o que levaria também a reformulação dos componentes curriculares das escolas.

De lá para cá ocorreram muitas mudanças, devido muito ao esforço de docentes e discentes de trazer um ensino da disciplina mais próximo e contextualizado a realidade dos alunos. Mas, de acordo com pesquisa feita por Duré et.al (2018) com 437 alunos do ensino médio em João Pessoa, na Paraíba, ainda há uma distância muito grande entre o que é passado em sala de aula e como os alunos entendem isso no seu dia a dia:

Os alunos não conseguem identificar a relação entre o que estudam em Biologia e o seu cotidiano e, por isso, acabam pensando que o estudo se resume à memorização de termos complexos, classificações de organismos e compreensão de fenômenos, sem entender a relevância desses conhecimentos para compreensão do mundo na natural e social (DURE *et al*, 2018, p.260).

Os autores DURE et. al (2018), observaram que especificamente a área de botânica – onde é ensinado o conteúdo referente a fotossíntese -, em conjunto com a

área de bioquímica foram as áreas mais rejeitadas pelos alunos, dentro da disciplina de biologia, em contrapartida a área de saúde, que se mostrou a mais interessante entre os pesquisados, o que pode ser compreendido pela maior facilidade de contextualizar os conteúdos construídos no dia a dia dos alunos, incluso ai o fato deles estarem no momento da puberdade, onde muito do que é ensinado na sala de aula auxilia as mudanças que ocorrem diariamente com esses jovens. Também a zoologia apresentou grande adesão do corpo discente, e isso pode ser atribuído também a proximidade de crianças e adolescentes com seus animais de estimação, assim como as semelhanças que se consegue observar entre homens e animais.

As áreas que os alunos apresentam menos interesse citadas acima também podem se apresentar menos palpáveis no cotidiano, principalmente quando pensamos no contexto do desmonte de escolas públicas, que em geral não possuem nem mesmo infraestrutura que aproximem os estudantes de um entendimento mais palpável e visível da matéria que está sendo ensinada pelo professor, que em geral não possui ferramentas adequadas para trabalhar, como por exemplo um laboratório.

2.4 Interdisciplinaridade

Quando discutimos sobre interdisciplinaridade, é como se estivéssemos falando da nossa relação com o conhecimento, da maneira que ele é construído e aplicado. Pois partindo de uma perspectiva etimológica, o mundo em si, é construído por um conhecido coeso, que por mais que esteja dividido, ainda sim estão todos conectados. Desta maneira, a interdisciplinaridade também nos remete a como nos relacionamos com o mundo que nos rodeia.

Morin (2007) afirma que o ideal do conhecimento científico, até o início do século XX, era o de descobrir, por trás da aparente confusão dos fenômenos, as leis simples que os regiam, a ordem pura que os determina. Tratava-se de chegar a estabelecer verdades simples por alguns meios: o Princípio da ordem – em que o mundo era visto como uma máquina perfeita. Senão pudéssemos compreendê-la em sua totalidade, não era devido a desordens ou eventualidades, mas à insuficiência do conhecimento; Princípio da separação – elaborado por Descartes. No que diz respeito ao conhecimento objetivo, separam-se as matérias umas das outras e separa-se também o objeto conhecido do sujeito conhecedor. Tal princípio leva à especialização, que adquiriu uma dimensão extraordinária com a organização das disciplinas e mostrou-se fecunda para

muitas revelações. Entretanto, não se percebeu que grandes descobertas foram feitas em domínios intermediários, vagos, não separados, tal como recentemente a biologia molecular ou a genética, nascidas na fronteira entre a química e a biologia. Não se soube ver, reforça Morin (2007), que muitas das ideias nascem nas fronteiras e nas zonas incertas, e que grandes descobertas ou teorias nasceram, muitas vezes, de forma indisciplinar; o Princípio da redução – segundo ele, o conhecimento das unidades elementares permite conhecer o conjunto de que elas são os componentes; o Princípio da validade absoluta da lógica – atribuía uma verdade quase absoluta à indução, um valor absoluto à dedução. Por esse princípio, toda e qualquer contradição deveria ser eliminada. O aparecimento de uma contradição em um raciocínio assinalava o erro e obrigava a abandonar o raciocínio.

O conhecimento no decorrer da história foi se fragmentando, sendo este separado por áreas específicas que possuíam aspectos em comum, o que refletiu na educação, pois ao observarmos o sistema educacional, percebemos que está organizado em fragmentados do conhecimento humano, as disciplinas. Para termos uma compreensão ampla do que se trata a interdisciplinaridade, é de grande importante entender o que são elas.

De acordo com Morin (2007), disciplina trata-se da divisão do conhecimento em partes que possível aspectos comuns. No entanto, esses fragmentos possuem interações. De acordo com a BNCC (2018), cada disciplina é independente uma da outra. Desta maneira, evita-se que um problema que ocorram em uma, não interfira em outras, tornando-as manipuláveis individualmente. Assim, temos que a ideia de disciplina é o conhecimento separado em áreas específicas.

Portanto, a interdisciplinaridade trata-se de reestabelecer as relações entre o conhecimento estruturado por disciplinas, buscando interagir com um único objeto de estudo, estas podem ser de nível escolar, partindo da exploração de pontos em comum de confronto entre as disciplinas. Quando pensamos nisso, também pensamos na nossa relação com o próprio conhecimento, indo desde como ele é produzido, até a maneira pela qual é aplicado. Tendo assim influência no modo que enxergamos o conhecimento e realidade que vivenciamos.

O termo interdisciplinaridade vem se configurar na legislação educacional desde o ano de 1972, e sua definição foi estudada por vários pesquisadores durante anos. De acordo com Fazenda (1991), ela depende de que linha teórica estamos analisando este

termo, pois não podemos desconsiderar a conceituação dos demais pesquisadores e suas particularidades.

Quando falamos em projetos educacionais a palavra disciplinaridade é usada de forma corrente, no sentido comum, ela está relacionada a forma como as diretrizes educacionais são organizadas, isto é, nosso sistema educacional trabalha com a fragmentação de conteúdo. Existem as disciplinas de biologia, matemática, história, física, química etc., e professores especializados em cada uma dessas áreas, porém a demanda de conhecimentos exigidos atualmente para o mercado de trabalho, por exemplo, ultrapassa essa maneira de abordar os conteúdos. A interdisciplinaridade surge para então para contribuir com essa demanda.

(...) essa observação reforça o discurso presente em diversos setores da sociedade de que a escola não vem fornecendo aos seus estudantes instrumentos que os tornem capazes de processar informações escritas, interpretar e manejar sinais e códigos, utilizar modelos matemáticos na vida cotidiana, além de usar e combinar instrumentos adequados a necessidades e situações. Enfim, a escola não tem contribuído efetivamente para a formação cidadã dos indivíduos. (TOMAZ; DAVID, 2013, p. 15)

A interdisciplinaridade, como parte das inovações para o processo de ensino aprendizagem, apresenta-se como sendo eficaz e inevitável no acontecimento nas fases de ensino. Segundo Fazenda (2008), a interdisciplinaridade caracteriza-se por ser uma atitude de busca, de inclusão, de acordo e de sintonia diante do conhecimento. Logo, torna-se explícito a ocorrência de uma globalização do conhecimento, onde, há o fim dos limites entre as disciplinas.

No desenvolvimento de atividades interdisciplinares o aluno sozinho o conhecimento, mas sim em conjunto com outros e tendo a figura do professor como uma orientação, um norte a ser seguido. De acordo com a autora existem cinco princípios relacionados a essa prática: humildade, espera, respeito, coerência e desapego.

Esses princípios são a base para o sucesso da interdisciplinaridade na sala de aula, uma vez que para alcançar os resultados esperados com atividades em grupo é importante que todos sejam humildes ao demonstrar seus conhecimentos e técnicas; saibam o momento propício para falar e ouvir, respeitem os outros; sejam coerentes quanto ao que dizem e fazem e pratiquem o desapego do conhecimento, não achando que são mais nem menos que os outros alunos.

A interdisciplinaridade é compreendida como uma forma de trabalhar em sala de aula, no qual se propõe um tema com abordagens em diferentes disciplinas, assim melhorando cada vez mais o processo de ensino aprendizagem. É compreender entender as partes de ligação entre as diferentes áreas de conhecimento, unindo-se para transpor algo inovador, abrir sabedorias, resgatar possibilidades e ultrapassar o pensar fragmentado. É a busca constante de investigação, na tentativa de superação do saber (FORTES, 2011).

O trabalho interdisciplinar garante maior interação entre os alunos, destes com os professores, sem falar na experiência e no convívio grupal. Partindo deste princípio é importante, ainda, repensar essa metodologia como uma forma de promover a união escolar em torno do objetivo comum de formação de indivíduos sociais. Neste aspecto a função de interdisciplinaridade é apresentar aos alunos possibilidades diferentes de olhar um mesmo fato. Fazenda (2008, p. 34), afirma que, “em nome de interdisciplinaridade abandonam-se e condenam-se rotinas consagradas, criam-se slogans, apelidos, hipóteses de trabalho muitas vezes improvisado se impensados”.

O professor interdisciplinar traz em si um gosto especial por conhecer e pesquisar, possui um grau de comprometimento diferenciado para com seus alunos, ousa novas técnicas e procedimentos de ensino, porém, antes, analisa-os e dosa-os convenientemente. Esse professor é alguém que está sempre envolvido com o seu trabalho, em cada um de seus atos. Competência, envolvimento e compromisso marcam o itinerário desse profissional que luta por uma educação melhor. Entretanto, defronta-se com sérios obstáculos de ordem institucional com o seu cotidiano. Apesar do seu empenho pessoal e do sucesso junto aos alunos, trabalha muito, e seu trabalho acaba por incomodar os que têm a acomodação por propósito. Em todos os professores portadores de uma atitude interdisciplinar, encontramos a marca de resistência que os impele a lutar contra a acomodação, embora em vários momentos pensem em desistir da luta. Duas dicotomias marcam suas histórias de vida: luta/resistência e solidão/desejo de encontro (FAZENDA, 2008).

Morin (2007) afirma que, se quisermos um conhecimento segmentário, encerrado a um único objeto, com a finalidade única de manipulá-lo, podemos então eliminar a preocupação de reunir, contextualizar, mas, se quisermos um conhecimento pertinente, precisamos reunir, contextualizar, globalizar nossas informações e nossos saberes, buscar, portanto, um conhecimento complexo. Nesse sentido, os especialistas não se atentam ao que se dizia a respeito dos problemas globais e gerais. O mundo

hiperespecializado impunha a ideia segundo a qual se deve evitar ter ideias gerais, porque elas são ocas.

Direcionando as ideias de Morin (2007) para o contexto do âmbito da educação, podemos ter como princípio que as ações educacionais devem privilegiar sempre o caráter global do conhecimento. Em outras palavras, um ensino compartimentado não tem mais seu lugar cativo nos Ensinos Fundamental e Médio e no meio acadêmico em geral. Em vez dele, a preferência deve ser dada a uma educação em que os alunos tenham a possibilidade de ampliar o seu conhecimento, buscando sempre ultrapassar os limites que porventura sejam impostos por uma educação que se fundamenta em um regime de disciplinas. A troca de experiências entre as diversas matérias deve ser cultivada a fim de que o conhecimento não seja um produto único, mas uma construção em que a heterogeneidade seja a base para a compressão dos fenômenos e resolução de problemas.

2.5 Aspectos históricos da interdisciplinaridade

O movimento da interdisciplinaridade surgiu na Europa, sobretudo na França e na Itália, em meados da década de 60. De maneira genérica, como é afirmado por Fontes (2011), pode-se dizer que o princípio dessa movimentação acadêmica era a contraposição a posturas fragmentadas, multipartidas do conhecimento. Olhares limitados para o saber eram objetos de crítica, e buscava-se novas maneiras de aquisição dos saberes. Em lugar de conhecimentos excessivamente específicos, buscava-se a totalidade, ou seja, havia uma preocupação maior com o todo e não apenas com as partes. Conforme Fazenda (2008), Georges Gusdorf, filósofo francês de grande notoriedade no século XX, apresentou à UNESCO, em 1961, um projeto de pesquisa interdisciplinar direcionado às Ciências Humanas. A ideia central do projeto era a reunião de cientistas de reconhecido saber, para que orientassem as Ciências Humanas para a convergência, e o que se pretendia era a diminuição da distância entre as teorias. Muitos outros trabalhos publicados naquela época evidenciavam a intenção de que fossem superadas, nas Ciências Humanas, as seguintes dicotomias: ciência e arte, cultura e ciência, objetividade e subjetividade; percepção e sensação; espaço e tempo.

Segundo Fontes (2011), no final da década de 60, no Brasil, surgem ecos dos debates sobre interdisciplinaridade. Entretanto, eles revelavam mais modismo e pouca

reflexão do que um entendimento mais aprofundado do que era essa interdisciplinaridade. Interdisciplinaridade passou a ser a palavra de ordem na educação brasileira, sem que fossem compreendidos com mais rigor os princípios, bem como as dificuldades de sua realização. Contudo, os estudos avançaram. Foi o que ocorreu na década de 70, em que a preocupação maior era a explicitação terminológica. Era preciso estudar mais profundamente o significado dessa palavra não tão simples de ser pronunciada e, principalmente, nada simples de ser compreendida, decifrada.

Um grande estudioso brasileiro nesse campo é Hilton Japiassu, que, em 1976, publicou “Interdisciplinaridade e Patologia do Saber”, obra em que discutiu as principais questões que envolvem a interdisciplinaridade e apresentou os pressupostos para uma metodologia interdisciplinar. O autor salientou que, para a efetivação dessa metodologia, um novo perfil de cientista é exigido: o interdisciplinar.

Esse tipo especial de profissional deve estar aberto a uma “nova consciência”, uma nova pedagogia, baseada na comunicação (FONTES, 2011).

Outro grande nome brasileiro nos estudos da interdisciplinaridade é o de Ivani C. Arantes Fazenda, que realizou uma ampla pesquisa em que detectou, na Legislação do Ensino da década de 70, informações e perspectivas bastante equivocadas no que se referia à aplicação dos fundamentos da interdisciplinaridade. Isso provocou, como era de se esperar, um descompasso entre os reais propósitos de um trabalho interdisciplinar e o que se previa nos projetos educacionais desse período.

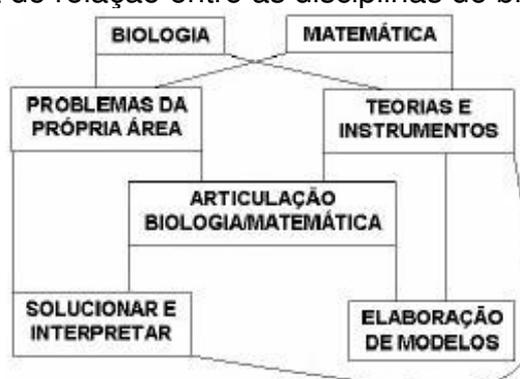
Na década de 80, buscou-se a explicitação do aspecto teórico, abstrato da interdisciplinaridade, a partir do real, do prático. Um dos documentos mais importantes dessa época foi “Interdisciplinaridade e Ciências Humanas” (1983), redigido por vários autores, entre eles Edgar Morin e Gusdorf. O documento trata de aproximações cooperativas das disciplinas que compõem as Ciências Humanas, além de explicitar a influência que umas exercem sobre as outras. Mostra, ainda, certas relações existentes entre as Ciências Naturais e Humanas.

2.6 Diálogos possíveis entre matemática e biologia

Dentro do que entendemos por Ciências da Natureza, o que engloba Biologia, Química e Física, a Matemática é uma disciplina indissociável. A partir da metade do século XIX começou-se a perceber de forma mais profunda essa ligação, com a geração, análise e expressões dos dados que permeiam as primeiras (JUNIOR,

GAZIRE, 2011). Muitos dos avanços que a Biologia e suas ciências irmãs alcançaram se deram a partir dos modelos que a matemática construía e fornecia. Mas a realidade das salas de aula, tanto em uma disciplina quanto a outra, é a de uma separação de saberes radical, que leva muitas vezes, principalmente no ensino da matemática, a uma negação e apagamento da interdisciplinaridade latente e que seria muito bem-vinda a todos os campos se aplicada. Mas, de acordo com Junior (2008), já de saída é possível verificar que a matemática é a ciência que dá apoio a biologia para todo o desenvolvimento e resolução de problemas por ela detectados. O autor realizou um diagrama apresentando essa aproximação:

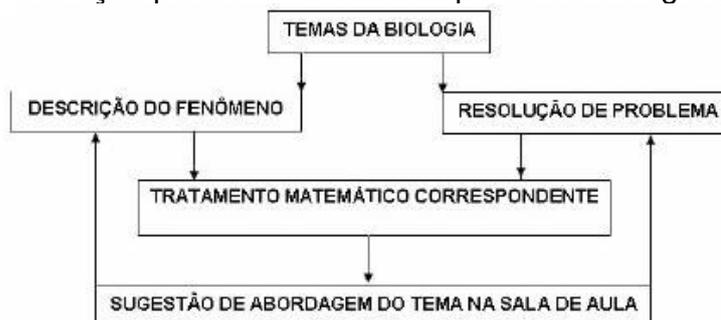
Figura 1 – Diagrama de relação entre as disciplinas de biologia e matemática



Fonte: Junior (2008, p.6)

O autor pesquisou também em livros didáticos temas onde é possível fazer esse cruzamento de conhecimentos, e o resultado disso foi o aparecimento de diversas áreas de compatibilidade entre o ensino de biologia e matemática, incluso ai a fotossíntese. O autor também esquematizou como articular ambos os temas para se chegar aos conteúdos de sala de aula:

Figura 2 – Articulação para ensino das disciplinas de biologia e matemática



Fonte: Junior (2008, p.7)

Junior e Gazeri (2011), reforçam que uma das formas em que as duas disciplinas podem se aproximar dentro do ensino é a quantificação para o desenvolvimento de pesquisas, ação esta que no decorrer da história da biologia contribuiu muito para a apresentação dos fenômenos que a permeiam.

3 METODOLOGIA

A construção do conhecimento pode se dar por diversos caminhos, e um deles é a ciência, que pode ser entendida como:

Uma sistematização de conhecimentos, um conjunto de proposições logicamente correlacionadas sobre o comportamento de certos fenômenos que se deseja estudar, que possuem objetivo ou finalidade, o que consiste em uma preocupação em distinguir a característica comum ou as leis gerais que regem determinados eventos; que possuem uma função e um objeto, dividido entre o material, que é aquilo que se pretende estudar, e o formal, o enfoque especial (MARCONI; LAKATOS, 2003, p.81)

O conhecimento científico então, é baseado em uma das diversas formas de se interpretar de se entender os fenômenos e como eles se ligam, através do que podemos entender por pensamento lógico, mas não só. Ele se embasa em certo tipo de procedimento, em evidências e hipóteses que podem ou não se confirmar, o que não significa que outras formas de produção, sistematização e transmissão de conhecimento não sejam válidas e não tenham seus processos e procedimentos. Destacamos aqui o conhecimento científico devido a ser nele que os livros didáticos estudados se apoiam.

A educação é um canal pelo qual o conhecimento científico é transmitido, e também elaborado, desenvolvido, organizado e sistematizado, tanto no ensino básico quanto no ensino superior. Mas, para que esses processos ocorram é necessário que a base da prática científica seja sólida, e isso é possível graças, como dito anteriormente, a processos bem embasados nos saberes, alinhando ideias e práticas. Para isso há etapas as quais cientistas precisam se atentar, respeitar e efetivar, incluso dentro da prática da pesquisa (SEVERINO, 2013).

Existem tipos de pesquisa nos quais os construtores de conhecimento podem optar como caminho. Elas podem ser exploratórias, que são as que se baseiam em levantamento bibliográfico, entrevistas e estudos de fenômenos cujo objetivo é a aproximação com o tema e o estímulo de hipóteses sobre ele; descritivas, que analisam determinado recorte de sujeitos ou espaço a fim de estudar suas características; e explicativas, que estudam os fenômenos, suas explicações e conexões, o que leva o cientista a se aprofundar mais sobre o assunto. Para Gil (2002), muitas vezes esses três tipos de pesquisa se encontram em um só estudo, como no caso das pesquisas

explicativas, onde quase sempre é necessário realizar a etapa onde se encontra a pesquisa exploratória.

Isso posto, há uma gama de metodologias através das quais se pode realizar essas pesquisas, e uma delas é a da pesquisa bibliográfica. Severino (2013), diz que a pesquisa bibliográfica é um método que consiste em usar como base materiais que já estão elaborados, tanto os construídos por outras pessoas, sejam elas cientistas ou não, mas de alguma forma já tratados, ou mesmo os que estão em sua forma bruta, como documentos. Tanto em Gil (2002) quanto em Marconi e Lakatos (2003) vamos encontrar uma espécie de roteiro para a pesquisa bibliográfica, que com pequenas diferenças entre si têm em comum etapas como estabelecimento do tema, elaboração de um plano de trabalho (que seria como um pré-projeto) levantamento de fontes, sua localização, fichamento dessas fontes, análise crítica e redação. Mas como bem aponta o primeiro autor, há diversas formas de se estabelecer o trabalho, e roteiros não são uma ferramenta fixa, mas sim uma construção também passível de mudanças.

Então, para responder ao problema colocado: Como o processo de fotossíntese é apresentado nos livros didáticos? Como a matemática pode contribuir para o ensino de ciências de forma recíproca? A metodologia de pesquisa bibliográfica é nesse caso apropriada, pois o trabalho exige consulta de materiais já produzidos e é através da consulta e análise do material existente a disposição de professores e alunos para o aprendizado sobre fotossíntese e a partir disso elaborar reflexões e construir propostas dentro da interdisciplinaridade entre as matérias de matemática e biologia. Essa pesquisa bibliográfica partiu de quatro livros.

Esses materiais foram escolhidos no primeiro momento para serem analisados por que são livros que já passaram por alunos do ensino médio de escolas do estado do Tocantins: “Biologia Hoje do 1º ENSINO MÉDIO” e “Biologia Hoje 2º ENSINO MÉDIO”, de Sérgio Linhares e Fernando Gewandszajder, “Ser Protagonista 1 ENSINO MÉDIO” e “Ser Protagonista do 2º ENSINO MÉDIO”, de autoria de André Catani, Elisa Garcia Carvalho, Fernando Santiago dos Santos, João Batista Aguilar e Sílvia Helena de Arruda Campos. Mas durante a análise foi-se percebendo que os conteúdos específicos de fotossíntese se concentravam mais nos volumes 1 de ambas as coleções (no livro “Ser Protagonista 2” o conteúdo volta a aparecer rapidamente, mas sem grandes contribuições além no que se refere a necessidade do presente trabalho). Devido a isso o enfoque foi no volume 1 dos livros. Segue um quadro com informações iniciais presentes nesses materiais. No decorrer do trabalho outros quadros serão

apresentados com conteúdo dos livros referente especificamente a parte de fotossíntese.

Quadro 1 – Apresentação geral da bibliografia base

	Biologia Hoje 1	Ser Protagonista 2
Autoria	Fernando Gewandsnajder Sérgio de Vasconcellos Linhares	André Catani Antonio Carlos Bandouk Elisa Garcia Carvalho Fernando Santiago dos Santos João Batista Vicentin Aguilar Juliano Viñas Salles Maria Martha Argel de Oliveira Tatiana Rodrigues Nahas Silvia Helena de Arruda Campos Virgínia Chacon
Ano	2013	2013
Editora	Ática	Edições SM
Direcionado para	1º ano do EM	1º ano do EM
Avaliação PNLD	Coloca conteúdos necessários ao estudo da biologia no Ensino Médio atrelados a contextos de outras áreas, como saúde, ambiente e tecnologia. Apoia-se em ilustrações, quadros, boxes, e ao final de cada capítulo há uma série de exercícios para que o aluno aplique o que foi apreendido durante as aulas, assim como sugere pesquisas em grupo e atividades laboratoriais. Além disso, apresentam questões iniciais de abertura aos conteúdos, a fim de que os alunos sejam estimulados em seus conhecimentos prévios, porém essa estratégia deixa a desejar. Há também algumas falhas do ponto de vista gráfico.	Trazendo conteúdos tradicionais que devem ser aplicados no ensino médio, amparados em pesquisas científicas, e vai tornando-os complexos à medida em que vai avançando nos assuntos. Sugere ainda atividades para além de aulas expositivas, como jogos e projetos, e se apoia em ilustrações, seções e boxes para auxiliar na transmissão do conhecimento, além de atrelar o conteúdo de biologia a outras áreas de ensino. Possui ao fim dos capítulos exercícios, para que o aluno possa aplicar o conhecimento adquirido, mas alguns termos precisam de atualização. A obra procura estimular a criticidade dos discentes.

Fonte: Autoria nossa

Tanto nos volumes de “Biologia Hoje” quanto em “Ser Protagonista” fica explícito a ligação da biologia não apenas com a matemática, mas também com outras disciplinas

como por exemplo história, e sua ligação com o cotidiano, como por exemplo no excerto abaixo:

Biologia no cotidiano

Faz mal dormir com plantas no quarto?

Como a maior parte das plantas não fazem fotossíntese à noite, apenas respiram, é relativamente comum as pessoas pensarem que plantas colocadas no quarto sufocam quem está dormindo, pois “roubam” todo o O₂ do ar e produzem CO₂. Entretanto, essa ideia não tem fundamentação lógica nem científica. Em termos gerais, cada quilograma de biomassa vegetal consome cerca de 0,2 L de oxigênio por hora. O ser humano consome cerca de 25 L de oxigênio no mesmo intervalo de tempo, em condições de repouso (cerca de 30 respirações completas por minuto). Se considerarmos oito horas de sono, teremos o consumo de 200 L (25 x 8) de oxigênio por pessoa em um quarto (a planta de 1 kg consumiria, nessas oito horas, apenas 1,6 L). Assim, mesmo que o quarto seja hermeticamente fechado (mas não é, pois existem pontos de entrada e saída de ar, como frestas de janelas, fechaduras etc.), o consumo de oxigênio da planta é muito menor do que o do ser humano (CATANI, et al., 2013, 129).

Esse trecho, presente no livro “Ser Protagonista 1”, traz uma ideia do senso comum sobre a relação entre plantas nos ambientes em que dormimos e explica baseada em dados científicos o que de fato acontece, como uma forma de aproximar o aluno e o conteúdo e exemplificar de forma palpável processos químicos da fotossíntese.

Para a realização deste trabalho foram elaborados fichamentos dos livros didáticos e de outras bibliografias auxiliares, ou seja, foi feita a transcrição desses materiais de uma forma bem detalhada e fiel ao que estava já produzido, organizando assim os temas. Isso serviu de base para uma análise crítica das partes e do todo (Marconi; Lakatos, 2003) e conseqüentemente a elaboração do texto, incluso aí a produção do glossário de significados para que os professores de matemática possam se familiarizar com os termos próprios da biologia no contexto do estudo da fotossíntese.

Através dos fichamentos nos foi possível perceber melhor propostas e entendimentos que autores colocavam em artigos e formas como a fotossíntese era desenvolvida nos próprios livros didáticos. Quando Bull (2009), em sua apresentação *Biologia e Matemática: Diálogos possíveis no ensino médio* encontra dentro da área da botânica um gráfico que apresenta a relação entre a fotossíntese e a respiração vegetal e disso depreende, para além da relação em si demonstrada, conceitos matemáticos de intersecção de curvas e funções e que:

Isso serve de contexto para a análise do significado dos pontos com coordenadas de valores comuns aos gráficos de duas funções. No caso do estudo de máximos e mínimos, os gráficos podem ser utilizados para conjugar o conceito biológico de valor ótimo de concentração de um hormônio vegetal

ao conceito matemático de ponto de máximo e valor máximo de uma função (BULL, 2009, p.16).

Em Ser Protagonista 1 essa mesma ideia aparece, mesmo que não haja destaque para a relação presente com a matemática, deixando a interdisciplinaridade de escanteio. A abordagem que o livro oferece é inteiramente pelo viés da biologia, explicando que conforme a quantidade de oxigênio é liberada pela respiração, maior é a velocidade da fotossíntese, e onde ambas as curvas se tocam é onde se encontra o que chamamos de ponto de compensação luminosa ou ponto de compensação fótica. Depois desse ponto a produção de oxigênio ainda cresce até certo ponto, de acordo com a exposição da luz, até atingir o ponto de saturação. Tudo isso é apresentado através de gráficos. Apesar do livro didático em questão buscar uma abordagem interdisciplinar, isso não está presente nesse assunto. E foi possível verificar a forma como isso se articula no que é oferecido aos estudantes e possibilidades outras de ensino graças aos fichamentos, para além dos próprios livros didáticos.

Outras situações que ficaram evidentes onde é possível fazer uma aproximação maior entre as duas matérias é na própria abordagem da equação da fotossíntese. Por exemplo, quando escrevemos a fórmula, é possível observar que os coeficientes e os índices indicam quantidades proporcionais adequadas para o entendimento da reação estabelecida.

Foi também nos sentidos exemplificados acima, para além da forma como os conhecimentos são expostos, que no decorrer desse estudo procurou-se inventariar situações, a partir dos livros didáticos de biologia que pudessem favorecer uma aproximação dos professores da área de matemática para um trabalho interdisciplinar.

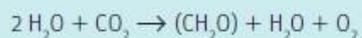
4 UMA INCURSÃO NA BIOLOGIA: INÍCIO DE UM TRABALHO INTERDISCIPLINAR

O levantamento de informações ocorreu a partir de livros da área de Biologia direcionados ao Ensino Médio, o foco principal foi estudar como o processo de fotossíntese é apresentado nestes livros e encontrar uma relação matemática que contribua para o ensino de ciências de forma recíproca. O primeiro livro analisado foi de Linhares; Gewandsznajder (2013), da primeira série do Ensino Médio, intitulado como Biologia Hoje, o tema fotossíntese é abordado no capítulo décimo primeiro, página 124 do livro. Inicialmente listamos termos que são usados para definir e explicar este processo, em seguida buscamos por suas definições e pudemos perceber que apenas algumas definições se encontravam no mesmo capítulo, o restante fora encontrado em capítulos anteriores. Estes termos estão organizados em quadros com alguns critérios de análise, ressaltamos que no primeiro quadro os dados são do livro de Linhares; Gewandsznajder (2013), nele contêm termos que são usados para explicar o processo de fotossíntese e que suas definições são encontradas em diversos capítulos do respectivo livro.

A seguir será apresentado o que é o fenômeno da fotossíntese a partir das informações fornecidas pelos próprios livros didáticos discutidos aqui, incluso quadros que sistematizam informações sobre o assunto. No momento em que falarmos mais sobre os livros, o assunto também será aprofundado.

4.1 O que é fotossíntese?

Para Catani et.al, (2013), a fotossíntese é um dos fenômenos de maior importância no planeta Terra, pois é através dela que o oxigênio é gerado, indispensável a vida, também é responsável pela produção dos carboidratos, que por sua vez alimentam todas as cadeias alimentares. Os primeiros seres que realizavam fotossíntese foram as cianobactérias, microrganismos que já estavam no planeta a cerca de 3,5 bilhões de anos, e sua proliferação modificou radicalmente a atmosfera terrestre, pois devido a atividade de fotossíntese houve um aumento da concentração de O₂, (oxigênio) tornando possível a evolução de outros seres. A equação que a representa é a seguinte:

Figura 3 – Equação da fotossíntese

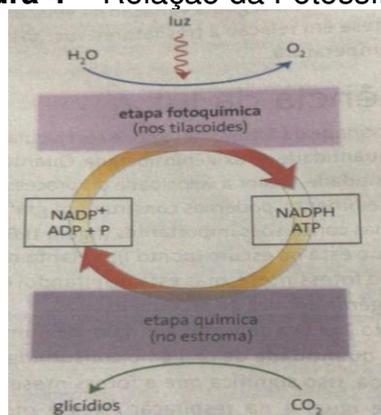
Fonte: Catani et.al, (2013, p.125)

O fenômeno da fotossíntese é um processo realizado pelos seres vivos autótrofos, ou seja, que produzem seu próprio alimento: as plantas, algas e algumas bactérias. A planta realiza essa produção a partir da luz, e é um processo que ocorre em duas etapas: quando ela está exposta a luz produz oxigênio e quanto maior a exposição a luz maior a quantidade de alimento, o que se denomina como fase fotoquímica ou fase clara, e a segunda etapa se chama etapa química ou fase escura, onde os glicídios são produzidos através das reações químicas, a partir do gás carbônico e hidrogênios que são produzidos na etapa fotoquímica:

Durante a etapa fotoquímica, a energia luminosa é absorvida pela clorofila e armazenada em moléculas de ATP. Além disso, a luz promove a transformação da água em hidrogênio e oxigênio. Enquanto o oxigênio é liberado pela planta, o hidrogênio e a energia do ATP são usados na fase seguinte, que não usa luz, para transformar o gás carbônico em glicose. Para isso, o hidrogênio é transportado para o estroma do cloroplasto (a fase clara ocorre nos tilacóides) combinado à **nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP)**, molécula semelhante ao NAD da respiração com mais um fosfato. A etapa química, também chamada **ciclo das pentoses** ou **de Calvin** ou **de Calvin-Benson**, ocorre no estroma e foi estudada no final da década de 1940 pelo bioquímico norte-americano Melvin Calvin (1911- -1997) e seus colaboradores, principalmente Andrew Benson (1917).

Na etapa química, por meio de uma série de reações químicas, são sintetizados glicídios a partir do gás carbônico e dos hidrogênios produzidos na etapa fotoquímica. A energia para essa síntese vem do ATP, também produzido na primeira etapa. A conversão do gás carbônico em um composto orgânico (um glicídio) é chamada **fixação do carbono**. Desse modo, as duas etapas estão relacionadas, pois os átomos de hidrogênio necessários à segunda etapa são fornecidos pelo NADPH, e a energia vem do ATP originado na primeira etapa. (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2013, 127).

A figura a seguir, presente no mesmo livro didático, ilustra essa relação:

Figura 4 – Relação da Fotossíntese

Fonte: Linhares; Gewandsznajder, (2013, p.27)

4.2 Quadros de termos do livro *Biologia Hoje*

No quadro abaixo serão destacados alguns termos fundamentais e muito usados dentro do processo de fotossíntese e que estão presentes no décimo primeiro capítulo do livro *Biologia Hoje*, intitulado “Fotossíntese e Quimiossíntese”. O objetivo desse glossário é apresentar mais diretamente um pouco da didática do livro e também familiarizar docentes de matemática com o fenômeno.

Quadro 2 – Glossário de Termos Presentes no 11º capítulo de Linhares; Gewandsznajder (2013)

Tipo	Definições
Luz	É uma onda eletromagnética como as ondas de rádio e de tevê, as micro-ondas, os raios infravermelhos, ultravioleta, X e gama (p. 126).
NADP	Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (p. 127).
Fotoquímica	Durante a etapa fotoquímica, a energia luminosa é absorvida pela clorofila e armazenada em moléculas de ATP. Além disso, a luz promove a transformação da água em hidrogênio e oxigênio. Enquanto o oxigênio é liberado pela planta, o hidrogênio e a energia do ATP são usados na fase seguinte, que não usa luz, para transformar o gás carbônico em glicose (p. 127).
Química	A etapa química, também chamada ciclo das pentoses ou Calvin-Benson, ocorre no estroma (...).
	Na etapa química, por meio de uma série de reações químicas, são sintetizados glicídios a partir do gás carbônico e dos hidrogênios produzidos na etapa fotoquímica (p. 127).
Oxidação do Carbono	A conversão do gás carbônico em um composto orgânico (um glicídio) é chamada fixação do carbono (p. 127).

Fonte: Arquivo pessoal.

O quadro a seguir traz mais termos relacionados ao processo de fotossíntese do livro *Biologia Hoje*, mas que não necessariamente estão concentrados no capítulo específico dedicado ao assunto. Assim como no quadro anterior, o objetivo é se aproximar de aspectos didáticos da qual os autores lançam mão e situar, em particular, os professores de matemática ao fenômeno.

Quadro 3 – Glossário de Termos Presentes em Linhares; Gewandsznajder (2013)

Termos	Definição
Respiração Celular Aeróbia	Respiração celular aeróbia ->air = ar; bios = vida. A maioria dos seres vivos consegue energia por meio de uma reação química entre a glicose (C ₆ H ₁₂ O ₆) e o gás oxigênio do ar (O ₂) formando gás carbônico (CO ₂) e água (H ₂ O). Nesse processo, chamado <u>respiração celular aeróbica</u> , a molécula de glicose é decomposta, liberando energia (p.16).

Autotrófico	Na nutrição autotrófica (<i>auto</i> = próprio; <i>trofo</i> = alimento), realizada pelas plantas, algas e por certas bactérias, o organismo é capaz de produzir a glicose a partir de substâncias inorgânicas que retira do ambiente, como gás carbônico, água e sais minerais (p.17).
Eucariontes	São organismos uni ou multicelulares formado por células eucarióticas (p.80).
Eucariótica	Medindo entre 10µm e 100µm de tamanho é bem maior e mais complexo que a procariótica. Seu material genético é constituído por DNA associados a proteína – formando os cromossomos – e estão envolvidas por uma membrana, o envelope nuclear também chamado de carioteca. Forma – se, assim, um núcleo individualizado (p.80).
Procariontes	Os seres vivos formados por células procarióticas são chamados procariontes. Eles são organismos unicelulares, medindo em geral, entre 1µm e 10µm de tamanho e são representadas pelas bactérias (p. 80).
Procarióticas	A célula da bactéria é um alelo procariota ou <u>procariótica</u> (<i>Pró</i> = anterior; <i>koryon</i> = núcleo; <i>onthos</i> = ser): o material genético (DNA) não está envolvido por uma membrana, não há um núcleo individualizado e separado do citoplasma; o DNA está mergulhado em uma espécie de gelatina formada por água e várias substâncias dissolvidas (p. 79-80).
Citoplasma	Kytos = célula; plasma = molde. Região entre a membrana plasmática e o núcleo (p. 97).
Citosol	Citosol/Hialoplasma -> Sol = líquido; hyalos = molde. Nesse material ocorrem diversas reações químicas do metabolismo. O citosol das células eucariontes é formado por um conjunto de fibras de proteínas que dão suporte e mantêm a forma da célula, além de colaborarem nos seus movimentos no transporte de substâncias (p. 97).
Cloroplastos	Fazem parte de um grupo de organelas encontradas nas células das plantas e das algas, os plastos ou plastídios (p.106).
Estroma	Espaço restante do cloroplasto, matriz semelhante ao citosol. Nele há várias enzimas que participam da fotossíntese (p.107).
Fotossíntese	Photos = luz. O organismo usa a energia luminosa do sol, que é absorvido pela clorofila, produzindo glicose liberando oxigênio na atmosfera (p. 17).
Glicídios	Glykys = doce, embora nem todos sejam doces. São chamados energéticos é, em sua maioria são de origem vegetal: cereais, raízes, tubérculos leguminosos, frutas e uma diversidade de alimentos preparados com esses vegetais ou com açúcar comum, retirado principalmente da cana de açúcar (p. 43).
Plastos	Há vários tipos de plastos, podem ser classificados de acordo com as funções que realizam e com os pigmentos encontrados em seu interior (p. 106).
Membrana Plasmática	Medindo cerca de 8 nm de espessura (1 nm = 0,000001 nm), a membrana plasmática só pode ser observada ao microscópio. Ela é formada principalmente por fosfolipídios, proteínas e uma pequena quantidade de glicídios (p. 85).
Fosforilação	A energia obtida na respiração não é usada de imediato. Cada parcela é utilizada na síntese de uma molécula de adenosina trifosfato (ATP) a partir de uma molécula de adenosina difosfato (ADP) e um íon de fosfato. Essa reação se chama fosforilação , e forma ATP com fosfato rico em energia (p. 113).
ATP	Essa energia vem de moléculas adenosina-trifosfato (ATP), produzidas na respiração celular (p. 89).

ADP	As proteínas que usam o ATP para realizar transporte ativo são chamadas ATP-ases. Elas funcionam como enzimas que quebram o ATP, transformando-o em adenosina-difosfato (ADP) e fosfato (p. 89).
Fosfolípidios	Os fosfolípidios, também chamados fosfoacilgliceróis , possuem ácido fosfórico e uma molécula nitrogenada, além de álcool e ácido graxo (p. 47).
Ribossomos	Os ribossomos (<i>ribo</i> é relativo a ácido ribonucleico; <i>soma</i> = corpo) são grãos formados por RNA e proteínas, visíveis apenas ao microscópio eletrônico. Cada ribossomo é formado por duas subunidades de tamanhos e densidades diferentes (p. 99).
Plastos	Há vários tipos de plastos, que podem ser classificados de acordo com as suas funções que realizam e com os pigmentos encontrados em seu interior (p. 106).
Tilacóides	Parte das membranas forma vesículas achatadas, os tilacóides (<i>thýlakos</i> =saco), que ficam empilhados. Cada pilha é chamada grano ou granum (do latim; plural: <i>grana</i>) e significa 'grão'. As membranas do tilacóide são chamadas membranas tilacóides e nelas estão concentradas as clorofilas e outras moléculas que participam do processo de absorção de luz que ocorre na fotossíntese (p. 107).
NAD	Nicotinamida adenina dinucleotídeo (p. 114).
Clorofila, Cianobactérias e pigmentos	Nos eucariontes, como as cianobactérias, a clorofila e outros pigmentos (moléculas coloridas capazes de absorver algumas cores e refletir outras) estão aderidos a membranas existentes no citoplasma (p. 106).

Fonte: Arquivo pessoal

4.3 Quadros de termos do livro Ser Protagonista

Os próximos quadros seguem mutuamente a ordem de critérios dos quadros apresentados acima, porém o livro é de Catani et al., (2016), também da primeira série do ensino médio, e também as mesmas motivações estão aí inseridas. O tema sobre o processo da fotossíntese é apresentado no capítulo oitavo, página 118. Neste livro podemos perceber que a maioria dos termos usados são encontrados no próprio capítulo.

Quadro 4 – Glossário de Termos Presentes no capítulo. Em Catani et al, (2016)

Termos	Definição
Carotenos e Xantofilas	Pigmentos que absorvem a luz, de comprimento de onda entre 380 nm e 500 nm, têm colorações que variam do amarelo ao vermelho (p. 121).
Clorofilas	São pigmentos verdes mais abundantes em todos os seres autótrofos (p. 121).
Estromo	No espaço entre o envoltório e os tilacóides encontrase uma substância gelatinosa, o <u>estromo</u> , que contém ribossomos, DNA e RNA, responsáveis pela síntese de certas proteínas do cloroplasto (p. 119).

Química	Também conhecida como fase escura, essa etapa da fotossíntese ocorre no estroma dos cloroplastos. Embora seja formada por um conjunto de reações que não dependem diretamente da luz, a etapa química utiliza substâncias produzidas durante a fase fotoquímica (p. 128).
Hidrofílica	A estrutura molecular da clorofila mostra duas regiões distintas: a Hidrofílica, circular, com um átomo central de magnésio. Nos cloroplastos, a região hidrofílica fica voltada para o estroma (p. 125).
Hidrofóbica	Hidrofóbica, formada por uma longa cauda de carbono e hidrogênio. A Região Hidrofóbica fica imensa na membrana dos tilacóides (p. 125).
Antena	As moléculas de clorofila e de outros pigmentos agrupam-se com proteínas em conjuntos de centenas de unidades na membrana dos tilacóides, construindo complexos denominados complexos antena, pois funcionam como captadores de luz (p. 125).
Fotofosforilação	Ocorre, portanto, transformação da energia luminosa em energia química, que é armazenada na molécula ATM. Nesse caso, a formação de ATM é denominada Fotofosforilação, pois ocorre a fosforilação, que é a adição de um fosfato ao ADP, em presença de luz (p. 126).
Plastoquinona (PQ)	Molécula que funciona como um aceptor primário de elétrons. Esses elétrons perdem energia, que será utilizado na produção de ATP (p. 126).
Ferredoxina (FD)	Da plastoquinona, os elétrons passam para a P 700 por meio de transportadores. A clorofila P 700 tem potencial redox maior que a P 680. Ao serem ativados pela luz, os elétrons da clorofila de PS-I escapam da molécula e são recebidos por outro aceptor primário, a Ferredoxina (FD) (p. 126).
Fotofosforilação Acíclica	A denominação Fotofosforilação Acíclica, atribuída a essa etapa do processo, está relacionada ao destino dos elétrons perdidos pelas moléculas de clorofila: elas não retornam a molécula original. Ou seja, não completam um ciclo (p. 126).
Fotofosforilação Cíclica	Apenas o fotossistema PS-I participa desses processos bioquímicos. O sistema é chamado de cíclico porque os elétrons retornam a molécula de onde saíram (p. 127).
Citocromos	Por meio de diversos citocromos, que são transportadores de elétrons, os elétrons captados pela ferredoxina voltam a condição energética original, sendo novamente encaminhados para a clorofila P 700. Entretanto, nesse processo não ocorre quebra de moléculas de água nem produção de NADPH+H. Esse processo geralmente ocorre quando a concentração de NADP está baixa (p. 127).
Etapa Enzimática	Em comparação com a fase anterior, a etapa química é mais lenta. Diversas enzimas fazem parte do processo, por isso ela também é denominada etapa enzimática (p. 128).
Ciclo das Pentoses	Na etapa da fotossíntese ocorre a formação de compostos orgânicos. Esses mecanismo envolve uma sequência cíclica de reações, conhecida como ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin-Benson, que se dá no estroma dos cloroplastos. A denominação ciclo das pentoses deve-se ao carboidrato de cinco carbonos, a ribulose-1,5-bifosfato, que está presente no início do processo. Embora esse ciclo ocorra sem a presença de luz, ele depende das reações envolvidas na etapa fotoquímica, já que são necessárias ATM e NADPH+H, que são formados naquela etapa (p. 129).

Luz	A luz é um tipo específico de energia, denominada energia eletromagnética (ou radiação eletromagnética). Esse tipo de energia viaja em ondas eletromagnéticas, cujo tamanho, denominado comprimento de onda (distância entre duas cristas da onda, medida em nanômetro), é variável (p. 120).
Ficobilinas	São pigmentos que absorvem a luz, de comprimento de onda entre 500 nm e 700 nm. Podem ser de coloração azul ou vermelho (p. 121).
Fotólise da Água	Devido a ação da luz, ocorre uma reação chamada fotólise da Água em que a molécula de água é quebrada. (p.124)
Fotoquímica	Essa etapa da fotossíntese, também denominada fase clara ou luminosa, compreende um conjunto de reações que dependem da luz. O processo ocorre nos tilacóides dos cloroplastos, na presença de clorofilas e carotenoides, e tem início quando a luz a incide sobre as moléculas desses pigmentos fotossensíveis e as excita, ou seja, transfere energia a seus elétrons (p.124).
Fotossistema	A energia luminosa captada pelas moléculas de pigmentos é conduzida às moléculas vizinhas até o centro de reação, onde existe um par de moléculas especiais de clorofila. O conjunto formado pelo centro de reação e pelos complexos antena é chamado de fotossistema (p. 125).
Fotossistema PS – I	Está presente com mais frequência nas membranas dos tilacóides em contato direto com o estroma. O centro de reação PS-I é uma clorofila a (denominada clorofila P ₇₀₀) que absorve um comprimento de onda de 700nm (p.125)
Fotossistema PS – II	Ocorre nos <i>grana</i> . Seu centro de reação é uma clorofila a (denominada clorofila P ₆₈₀) que absorve comprimento de luz de 680nm. Esse fotossistema é responsável pela quebra de água (p. 125).

Fonte: Arquivo pessoal.

No quadro abaixo seguem mais alguns termos relacionados a fotossíntese que não estão concentrados no capítulo oitavo do livro Ser Protagonista. Como dito anteriormente, nesse material didático o conteúdo está mais concentrado no capítulo em si.

Quadro 5 – Glossário de Termos Presentes em Catani et al., (2016).

Termos	Definição
ATP	Uma das substâncias que armazenam energia é o trifosfato de adenosina (ATP) . A molécula de ATP é formada pela união de uma molécula de adenina (base nitrogenada) com uma molécula de ribose (pentose) e três grupos fosfato (P) (p. 106).
Citoplasma	O interior de toda célula viva é preenchido por uma substância gelatinosa denominada citoplasma (Do grego kytos, “célula”, e plasma, “molde”) (p. 91).
Cloroplasto	Organelas responsáveis pela fotossíntese (p. 55).

Tilacóides	As membranas dos cloroplastos são estruturalmente similares às membranas de outras organelas. A externa é altamente permeável a íon diversos e a moléculas maiores. A interna, menos permeável, apresenta proteínas transportadoras específicas e se caracteriza por um extenso padrão de dobras, formando bolsas ocas e achatadas denominadas tilacóides (p. 99).
Autótrofos	Seres que produzem o próprio alimento são chamados de autótrofos (do grego <i>auto</i> “próprio”, e <i>trofein</i> , “alimentar-se”) (p. 13).
Fotossíntese	Processo que produz moléculas orgânicas, como a glicose, a partir de água, gás carbônico e energia luminosa (p. 13).
Procarióticas	Os seres procariontes são representados pelas bactérias e arqueas. As células desses organismos não apresentam membrana envolvendo o material genético são chamadas de procarióticas (do grego <i>pro</i> , “anterior”, e <i>karyon</i> , “núcleo”.) (p. 92).
Eucarióticas	A maior parte dos grupos de seres vivos da atualidade- algas, protozoários, fungos, animais e plantas- é eucariontes, ou seja, formada por células eucarióticas (do grego <i>eu</i> , “verdadeiro” e <i>karyon</i> , “núcleo”) (p. 92).

Fonte: Arquivo pessoal.

4.4 Cruzamento de dados

Desenvolvemos também, um quadro de comparações entre os termos que são usados nos dois livros e suas definições. Esse tipo de organização é útil dentro do processo de análise e interpretação de dados porque nos permite uma visão não só do material didático em si, o que já é de extrema relevância para a pesquisa presente tendo em vista que isso pode proporcionar uma visão ampla de como se construir aspectos interdisciplinares entre as matérias estudadas aqui, além de auxiliar na compilação de dados da pesquisa.

Quadro 6 – Comparação entre os termos utilizados em “Biologia Hoje” e “Ser Protagonista”

Termo	Definição de Linhares	Definição de Catani
Cloroplastos	Fazem parte de um grupo de organelas encontradas nas células das plantas e das algas, os plastos ou plastídios (p. 80).	Organelas responsáveis pela fotossíntese. (p. 55).

Eucarióticas	Medindo entre 10µm e 100µm de tamanho é bem maior e mais complexo que a procariótica. Seu material genético é constituído por DNA associados a proteína – formando os cromossomos – e estão envolvidas por uma membrana, o envelope nuclear também chamado de carioteca. Forma – se, assim, um núcleo individualizado (p. 80)	A maior parte dos grupos de seres vivos da atualidade- algas, protozoários, fungos, animais e plantas- é eucariotes, ou seja, formada por células eucarióticas (do grego <i>eu</i> , “verdadeiro” e <i>karyon</i> , “núcleo”) (p. 92).
Procarióticas	A célula da bactéria é um alelo procariota ou <u>procariótica</u> (<i>Pró</i> = anterior; <i>koryon</i> = núcleo; <i>onthos</i> = ser): o material genético (DNA) não está envolvido por uma membrana, não há um núcleo individualizado e separado do citoplasma; o DNA está mergulhado em uma espécie de gelatina formada por água e várias substâncias dissolvidas. (p. 79-80).	Os seres procariotes são representados pelas bactérias e arqueas. As células desses organismos não apresentam membrana envolvendo o material genético são chamadas de procarióticas (do grego <i>pro</i> , “anterior”, e <i>karyon</i> , “núcleo”). (p. 92).
Fosforilação	A energia obtida na respiração não é usada de imediato. Cada parcela é utilizada na síntese de uma molécula de adenosina trifosfato (ATP) a partir de uma molécula de adenosina difosfato (ADP) e um íon de fosfato. Essa reação se chama fosforilação , e forma ATP com fosfato rico em energia (p. 113)	Ocorre, portanto, transformação da energia luminosa em energia química, que é armazenada na molécula ATM. Nesse caso, a formação de ATM é denominada Fotofosforilação, pois ocorre a fosforilação, que é a adição de um fosfato ao ADP, em presença de luz (p. 126).
Citoplasma	<i>Kytos</i> = célula; plasma = molde. Região entre a membrana plasmática e o núcleo (p. 97)	O interior de toda célula viva é preenchido por uma substância gelatinosa denominada citoplasma. (Do grego <i>kytos</i> , “célula”, e plasma, “molde”). (p. 91)
Tilacóides	Parte das membranas forma vesículas achatadas, os tilacóides (<i>thylakos</i> =saco), que ficam empilhados. Cada pilha é chamada grano ou granum (do latim; plural: <i>grana</i>) e significa ‘grão’. As membranas do tilacóide são chamadas membranas tilacóides e nelas estão concentradas as clorofilas e outras moléculas que participam do processo de absorção de luz que ocorre na fotossíntese (p. 107)	As membranas dos cloroplastos são estruturalmente similares às membranas de outras organelas. A externa é altamente permeável a íons diversos e a moléculas maiores. A interna, menos permeável, apresenta proteínas transportadoras específicas e se caracteriza por um extenso padrão de dobras, formando bolsas ocas e achatadas denominadas tilacóides (p. 99).
Clorofila	Nos eucariontes, como as cianobactérias, a clorofila e outros pigmentos (moléculas coloridas capazes de absorver algumas cores e refletir outras) estão aderidos a membranas existentes no citoplasma (p. 106)	São pigmentos verdes mais abundantes em todos os seres autótrofos (p.121)

Fotoquímica	Durante a etapa fotoquímica, a energia luminosa é absorvida pela clorofila e armazenada em moléculas de ATP. Além disso, a luz promove a transformação da água em hidrogênio e oxigênio. Enquanto o oxigênio é liberado pela planta, o hidrogênio e a energia do ATP são usados na fase seguinte, que não usa luz, para transformar o gás carbônico em glicose (p. 127).	Essa etapa da fotossíntese, também denominada fase clara ou luminosa, compreende um conjunto de reações que dependem da luz. O processo ocorre nos tilacóides dos cloroplastos, na presença de clorofilas e carotenoides, e tem início quando a luz a incide sobre as moléculas desses pigmentos fotossensíveis e as excita, ou seja, transfere energia a seus elétrons (p. 124)
Estromo	Espaço restante do cloroplasto, matriz	No espaço entre o envoltório e os tilacóides encontra-se uma
	semelhante ao citosol. Nele há várias enzimas que participam da fotossíntese (p.107).	substância gelatinosa, o estromo, que contém ribossomos, DNA e RNA, responsáveis pela síntese de certas proteínas do cloroplasto (p.119).
ATP	Essa energia vem de moléculas adenosinatrifosfato (ATP), produzidas na respiração celular (p. 89).	Uma das substâncias que armazenam energia é o trifosfato de adenosina (ATP) . A molécula de ATP é formada pela união de uma molécula de adenina (base nitrogenada) com uma molécula de ribose (pentose) e três grupos fosfato (P) (p.106)
Luz	É uma onda eletromagnética como as ondas de rádio e de tevê, as micro-ondas, os raios infravermelhos, ultravioleta, X e gama (p. 126)	A luz é um tipo específico de energia, denominada energia eletromagnética (ou radiação eletromagnética). Esse tipo de energia viaja em ondas eletromagnéticas, cujo tamanho, denominado comprimento de onda (distância entre duas cristas da onda, medida em nanômetro), é variável (p. 120)
Fotossíntese	Photos = luz. O organismo usa a energia luminosa do sol, que é absorvido pela clorofila, produzindo glicose liberando oxigênio na atmosfera (p. 17).	Processo que produz moléculas orgânicas, como a glicose, a partir de água, gás carbônico e energia luminosa (p. 13).
Ciência	O termo serve tanto para designar o processo de aquisição de conhecimento sobre o mundo como também o próprio conhecimento adquirido por meio desse processo (p. 27)	A ciência (do latim <i>scientia</i> , "conhecimento") é um modo de pensar e, ao mesmo tempo, uma ferramenta para investigar o mundo que vivemos (p. 18).
Autótrofos	Na nutrição autotrófica (<i>auto</i> = próprio; <i>trofo</i> = alimento), realizada pelas plantas, algas e por certas bactérias, o organismo é capaz de produzir a glicose a partir de substâncias inorgânicas que retira do ambiente, como gás carbônico, água e sais minerais (p.17).	Seres que produzem o próprio alimento são chamados de autótrofos (do grego <i>auto</i> "próprio", e <i>trofein</i> , "alimentar-se") (p. 13).

Fonte: Arquivo pessoal.

O quadro a seguir apresenta um mesmo termo que aparece com duas definições dentro do mesmo livro. Isso é importante para identificar conceitos didáticos que possam causar certa confusão para os discentes principalmente – mas não só – assim como avaliar se essas terminologias duplicadas são excludentes ou não. Além disso o fato de concentrar ambos os livros na mesma tabela nos ajudam a identificar se há conceitos que são passíveis desse tipo de duplicação do que outros, caso apareçam em ambos os livros (o que não foi o caso no que concerne ao assunto estudado, a fotossíntese). Consideramos esse tipo de ação também útil para que os próprios formuladores do material possam tomar providências.

Quadro 7 – Duas definições no mesmo livro

Termo	Definição de Linhares; Gewandsznajder (2013)	
Respiração Celular Aeróbia	Respiração celular aeróbia ->air = ar; bios = vida. A maioria dos seres vivos consegue energia por meio de uma reação química entre a glicose (C ₆ H ₁₂ O ₆) e o gás oxigênio do ar (O ₂) formando gás carbônico (CO ₂) e água (H ₂ O). Nesse processo, chamado respiração celular aeróbica, a molécula de glicose é decomposta, liberando energia (p.16).	A respiração aeróbia (<i>aér</i> = ar; <i>bios</i> = vida) começa no citosol e, nos eucariontes, termina no interior da mitocôndria. Nos procariontes que executam esse tipo de respiração, suas etapas finais ocorrem na membrana plasmática. Já a fermentação ocorre no citosol-tanto nos procariontes como nos eucariontes (p. 113).
Glicídios	<i>Glykys</i> = doce, embora nem todos sejam doces. São chamados energéticos é, em sua maioria são de origem vegetal: cereais, raízes, tubérculos leguminosos, frutas e uma diversidade de alimentos preparados com esses vegetais ou com açúcar comum, retirado principalmente da cana de açúcar (p.43).	Os glicídios são formados por pequenas cadeias de monossacarídeos e estão localizados na face externa da membrana. Alguns se ligam aos lipídios, formando glicolipídios, mas na maioria está ligada às proteínas, constituindo glicoproteínas (p. 85).
Termo	Definição de Catani <i>et al</i> (2016).	
Procarióticas	Nas procarióticas o material genético não está	Os seres procariontes são representados
	contido no interior de um núcleo (p. 55).	pelas bactérias e arqueas. As células desses organismos não apresentam membrana envolvendo o material genético são chamadas de procarióticas (do grego <i>pro</i> , “anterior”, e <i>karyon</i> , “núcleo”.) (p. 91).

Autótrofos	Seres que produzem o próprio alimento são chamados de autótrofos (do grego <i>auto</i> “próprio”, e <i>trofein</i> , “alimentar-se”) (p. 13).	Que sintetizam moléculas nutritivas a partir de outros compostos por meio da fotossíntese (p. 53).
Eucarióticas	Apresentam núcleo, com material genético delimitado por uma membrana, além de uma série de organelas membranosas (p. 55).	A maior parte dos grupos de seres vivos da atualidade- algas, protozoários, fungos, animais e plantas- é eucariontes, ou seja, formada por células eucarióticas (Do grego <i>eu</i> , “verdadeiro” e <i>karyon</i> , “núcleo”) (p. 92).
Citoplasma	Os citologistas rapidamente perceberam que o interior das células era constituído por uma substância de aspecto viscoso, que foi chamada de citoplasma (do grego <i>kytos</i> , “célula”, e <i>plasma</i> , “modelar”) (p. 68).	O interior de toda célula viva é preenchido por uma substância gelatinosa denominada citoplasma (Do grego <i>kytos</i> , “célula”, e <i>plasma</i> , “molde”) (p. 91).
Cloroplastos	Organelas responsáveis pela fotossíntese (p. 55).	Cromoplastos (do grego <i>chromos</i> , “cor”), plastos que acumulam pigmentos, como os carotenos, a ficoeritrina ou a clorofila, pigmento que dá a cor verde às plantas; nesse último caso, eles recebem o nome de cloroplastos (p. 98).

Fonte: Arquivo pessoal.

As definições presentes nos livros, para além do conteúdo em si, mas também sua localização e conseqüentemente articulação com os conteúdos, mostram como os assuntos se estratificam e se conversam dentro de uma única matéria. No livro de Linhares; Gewandszajder (2013), *Biologia Hoje*, é possível perceber esse conteúdo, mais distribuído entre os capítulos em relação ao livro de Catani (2016), *Ser Protagonista*, o que pode trazer ao estudante uma ligação considerável entre conteúdos diversos.

Durante a análise buscamos apresentar nos quadros um glossário de termos e suas definições segundo a definição para cada autor como forma de compreendermos sobre o tema segundo estes autores e ao decorrer da análise não esperávamos nos depararmos com questões epistemológicas, em que podem se tornar obstáculos epistemológicos explicados no artigo de Almeida (2005), onde a explicação de um conceito pode estar limitada ao seu próprio conhecimento. Para Almeida (2005, apud Souza e Almeida 2001, p. 25), “Foram considerados os obstáculos epistemológicos: o conhecimento geral, a experiência primeira, o obstáculo verbal e o conhecimento pragmático”.

As definições distintas nos livros, do nosso ponto de vista, não se anulam, pelo contrário, poderiam se complementar, para isso, o professor pode fazer uso didático das mesmas a medida que promove com os alunos um trabalho de escrutínio. O mesmo vale para os termos que se repetem no mesmo livro, que são em número bem reduzido (três em *Biologia Hoje* e quatro em *Ser Protagonista* que se repetem em comparação com 29 e 30 em geral, respectivamente). Mas sobre estes termos que se repetem vale uma observação a mais, que é o fato de que a maioria deles aparece de uma forma mais simples, e a segunda ocorrência se apresenta de uma forma mais complexa, o que diz respeito também ao conteúdo com o qual espera-se que o discente já tenha tido contato e que implica no seu entendimento em determinados momentos do conteúdo pedagógico disponibilizado.

Isso é o que acontece por exemplo na definição de Cloroplasto presente no livro de Catani. A primeira definição que é apresentada, que conceitua essa organela como “Organelas responsáveis pela fotossíntese” (CATANI, 2016, 55), está presente no capítulo 3 intitulado “A Origem da Vida”. Antes da segunda definição sobre a mesma organela há um capítulo todo sobre citologia, outro sobre citoplasma, e também sobre metabolismo celular. Quando o termo aparece pela segunda vez, os alunos já tiveram contato com mais uma gama de conceitos e processos internos a citologia que possibilitam uma compreensão mais complexa.

O capítulo a seguir apresenta mais elementos presentes nos livros, agregando imagens e as explicações sobre a fotossíntese em si tanto em *Biologia Hoje* quanto em *Ser Protagonista*, discutindo os dados coletados e trazendo elementos matemáticos entrelaçados dentro da fotossíntese, e como há uma confluência entre ambas as matérias.

5 MATEMÁTICA E BIOLOGIA: INDÍCIOS DE UMA CONFLUÊNCIA

Neste capítulo são apresentados de forma aprofundada o conteúdo relativo a fotossíntese presentes em *Biologia Hoje*, de Linhares e Gewandsznajder, e *Ser Protagonista*, de Catani et al. Os livros fazem parte de duas coleções distintas que estão divididas em três volumes, correspondente a cada ano do Ensino Médio. Nessa seção nos deteremos nos primeiros volumes, por serem os que concentram o conteúdo abordado no decorrer do trabalho.

Será apresentado o modo como a fotossíntese é materializada em cada um dos materiais didáticos, tanto de forma textual, mas também imagética, e conexões do conteúdo com a matemática, como em relação a medidas e suas conversões e representações gráficas úteis ao melhor entendimento do fenômeno.

5.1 O Livro *Biologia Hoje*

O livro apresenta ilustrações e vários destaques como fatos históricos e experimentos que se correlacionam com o fenômeno da fotossíntese. Já se coloca como um livro que pretende apresentar a Biologia como uma ciência presente em tudo, e que está ligada a outras disciplinas também. É na unidade quatro, intitulada “Célula: respiração, fotossíntese e funções do núcleo”, em que os autores se detêm mais ao processo de fotossíntese.

Linhares e Gewandsznajder (2013, p. 127) definem o processo de fotossíntese em poucas linhas e o resumem na seguinte explicação da equação: “ $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. Observe que a equação química está balanceada: o número de átomos de cada elemento deve ser o mesmo em ambos os membros da equação.” Essa é a equação global da fotossíntese (multiplicada por 6), diferente da equação apresentada no primeiro livro que está simplificada, podemos observar, também que em ambas as equações não apresentam um dos fatores fundamentais para que ocorra a fotossíntese, que é a luz.

O experimento citado abaixo é apresentado no início do capítulo para exemplificar o processo da fotossíntese. Os materiais utilizados para realizar o experimento foram: frascos de vidro, lâmpadas, papel-alumínio, telas, e água do mar. Nesse experimento se colocou a água, que continha algas, no interior dos frascos. Uma parte dos frascos, que eram expostos a luz e outros não. Estes eram envoltos em papel

alumínio e recebiam apenas uma parte de luminosidade. Observe na Figura 5, a seguir que os frascos estão com diferentes tipos de envoltórios – alumínio, tela e sem proteção. A partir daí ia-se medindo a concentração de oxigênio nos fracos. O objetivo desse experimento para Linhares; Gewandsznajder (2013), era verificar a velocidade de fotossíntese produzida pelas algas a partir de determinada exposição a luz.

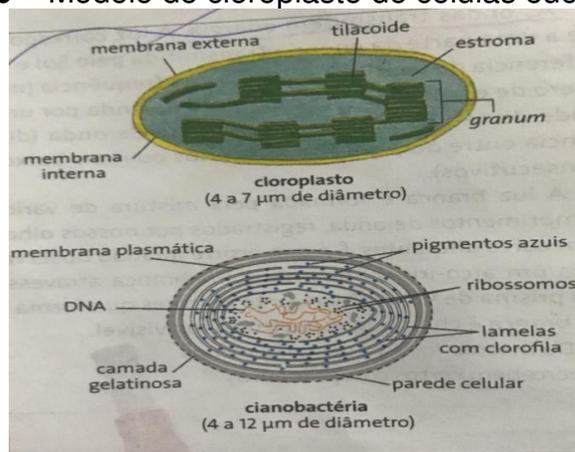
Figura 5 – Experimento exemplificador da fotossíntese



Fonte: Linhares; Gewandsznajder (2013, p.124)

Os autores utilizam alguns esquemas para exemplificar as fases que ocorrem durante a fotossíntese, cada esquema ou figura é representado pela ordem numérica, como “figura 1; figura 1.1” e assim sucessivamente. A imagem a seguir, retirada do livro, mostra um modelo de um cloroplasto de células eucariontes e cianobactéria.

Figura 6 – Modelo de cloroplasto de células eucariontes

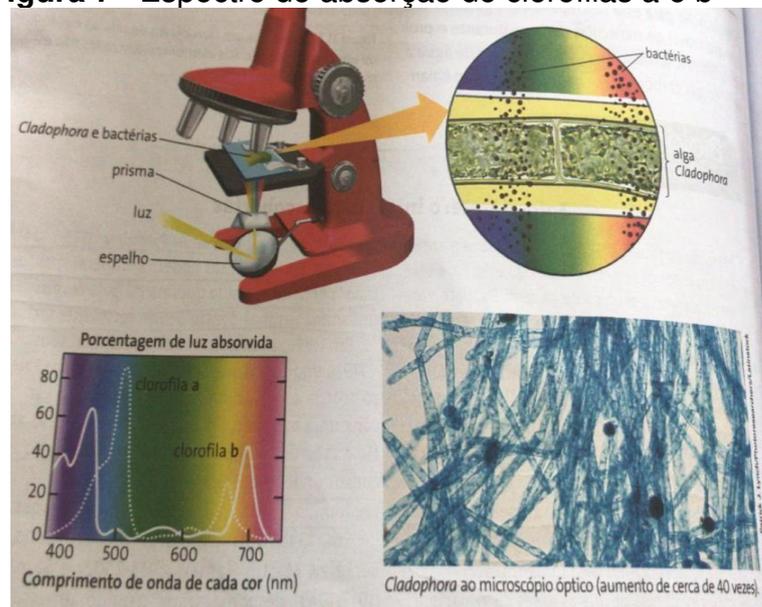


Fonte: Linhares; Gewandsznajder (2013, p.125)

No livro Linhares; Gewandsznaider (2013), encontramos imagens e também um pouco sobre fatos históricos das primeiras investigações sobre as plantas. No início do século XVII, pensava-se que as plantas absorviam todos os seus nutrientes do solo. Para testar essa hipótese, o médico belga Jean Baptiste van Helmont (1579-1644) cultivou uma muda de salgueiro em um vaso. Cinco anos mais tarde, constatou que o salgueiro estava 75 kg mais pesado, mas que a terra do vaso diminuía em apenas 57 kg. Van Helmont explicou essas diferenças afirmando que, para crescer, a planta havia utilizado também a água usada para regar a planta.

Alguns outros pesquisadores também contribuíram com experimentos químicos para a explicação do processo que hoje conhecemos como o fenômeno da fotossíntese. Os autores Linhares; Gewandsznajder (2013), apresentaram como o botânico alemão Theodor W. Engelmann (1843-1909) comprovou que a cor verde que vemos nas plantas é o reflexo da luz que não é absorvida.

Figura 7– Espectro de absorção de clorofilas a e b

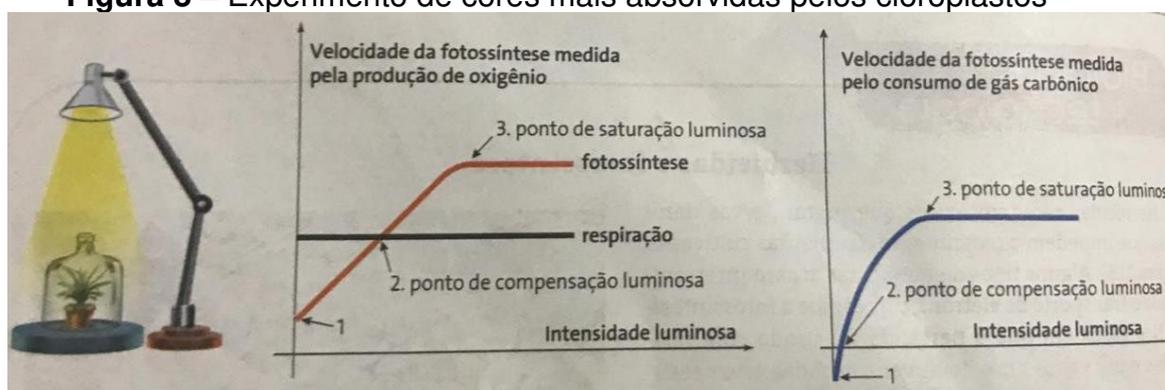


Fonte: Linhares; Gewandsznajder (2013, p.126)

Em outra figura um filamento de alga (gênero *Cladophora*) é colocado em um meio com bactérias aeróbias e iluminou o conjunto com as diversas cores que compõem a luz branca. Observando maior acúmulo de bactérias nas regiões iluminadas pelo vermelho (na faixa de 700 nm) e pelo azul (na faixa de 450 nm), ele concluiu que nesses dois locais havia maior desprendimento de oxigênio e, conseqüentemente, que nessas regiões ocorria mais fotossíntese.

As figuras seguem a ordem e tem o objetivo de representar as fases. A Figura 8 apresenta a relação entre a intensidade luminosa e a velocidade da fotossíntese medida pela produção de oxigênio e pelo consumo de gás carbônico, cada qual em um gráfico. Importante observar que há um ponto de saturação luminosa em ambos, a partir do qual, por mais que se aumente a exposição a luminosidade, não é possível nem consumir mais CO_2 e nem produzir mais O_2 . Essa informação, de que as plantas têm um limite de absorção e de produção, pode contribuir para o diálogo com a temática de colapso ambiental e mudanças climáticas – campo profícuo também para a matemática - temática que não vamos expor aqui por não ser diretamente o tema do trabalho, mas que achamos importante fazer um pequeno destaque.

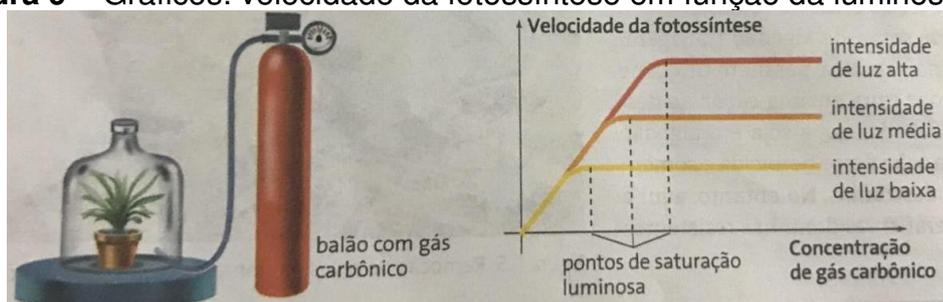
Figura 8 – Experimento de cores mais absorvidas pelos cloroplastos



Fonte: Linhares; Gewandsznajder (2013, p.126)

A imagem abaixo apresenta o experimento onde se coloca um balão ofertando mais gás carbônico para uma planta. Em condições normais, a quantidade desse gás presente na nossa atmosfera é um fator que limita a velocidade do fenômeno da fotossíntese. Mas esse experimento mostra que, mesmo com o aumento de sua oferta, outros fatores se apresentam nesse mesmo sentido, como mostra o gráfico.

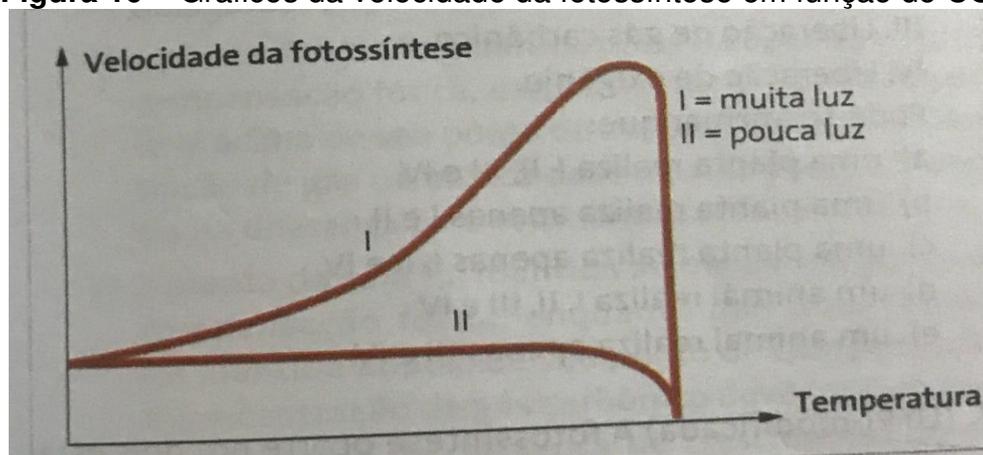
Figura 9 – Gráficos: velocidade da fotossíntese em função da luminosidade



Fonte: Linhares; Gewandsznajder (2013, p.128)

Já a Figura 10 apresenta também a velocidade da fotossíntese, mas em relação a temperatura a qual a planta está submetida, atrelada a presença de maior ou menor quantidade de luz:

Figura 10 – Gráficos da velocidade da fotossíntese em função do CO₂



Fonte: Linhares; Gewandsznajder (2013, p.128)

Todas essas figuras colocam a importância e a contribuição de representações gráficas para a melhor explicação de fenômenos biológicos, o que inclui também a necessidade de que o corpo docente tenha preparo para passar o conhecimento de como gráficos se estruturam, em quais funções se baseiam e o que desejam e podem transmitir a partir de sua construção. É importante ao discente ver as representações gráficas como um recurso a ser interpretado, mas também passível de ser elaborado, e em ambos os casos é importante entender as premissas no que diz respeito a matemática em relação aos fenômenos que determinada representação gráfica pretende demonstrar.

5.2 O Livro Ser Protagonista

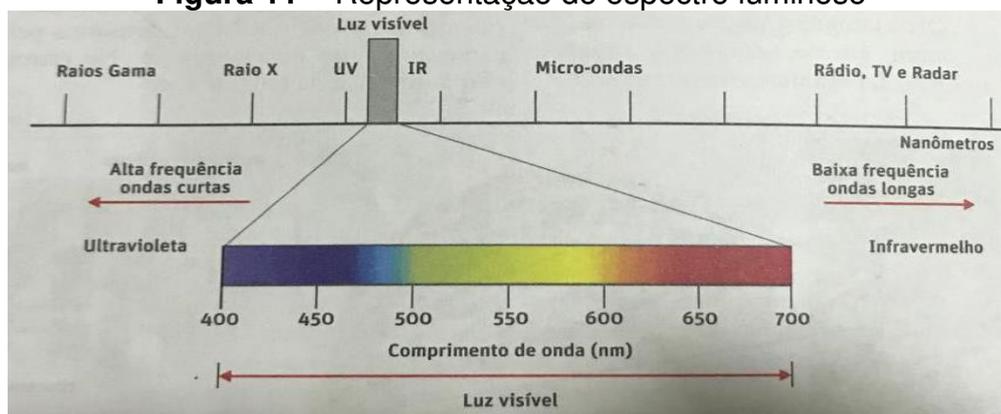
O segundo livro analisado é de Catani et al., (2013). Vamos apresentar aqui de forma mais detalhada o conceito de fotossíntese que os autores trazem, para além do que está contido nos glossários, e também as imagens das quais se utilizam para melhor explicar o fenômeno:

[...] a fotossíntese pode ser genericamente representada pela equação: $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Na equação, (CH_2O) é fórmula geral dos carboidratos. É comum encontrar glicose, composto orgânico com seis

carbonos, representada nessa equação, embora ela não seja o único carboidrato produzido nesse processo: $12 \text{ H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ O}_2$ (CATANI et al., 2016, p.125)

Neste livro, os autores organizaram algumas imagens por ordem alfabética e por assunto. Por exemplo, as imagens a seguir fotografadas do livro explicam sobre a luz solar. A figura 11 mostra um esquema, nele estão o comprimento de onda da luz e o que ocorre em cada uma dessas unidades de comprimento.

Figura 11 – Representação do espectro luminoso



Fonte: Catani et al, (2013, p.126)

Em seguida a imagem 12, ou B no livro Catani et al, (2013), explica o que acontece com a luz refletida. Esse mecanismo ocorre também na absorção e consequentemente reflexo da luz solar pelas organelas presentes nas plantas. No caso específico dos cloroplastos há o reflexo da onda de cerca de 540 nanômetros, e disso resulta a clorofila verde.

Figura 12 – Absorção da luz por diferentes cores

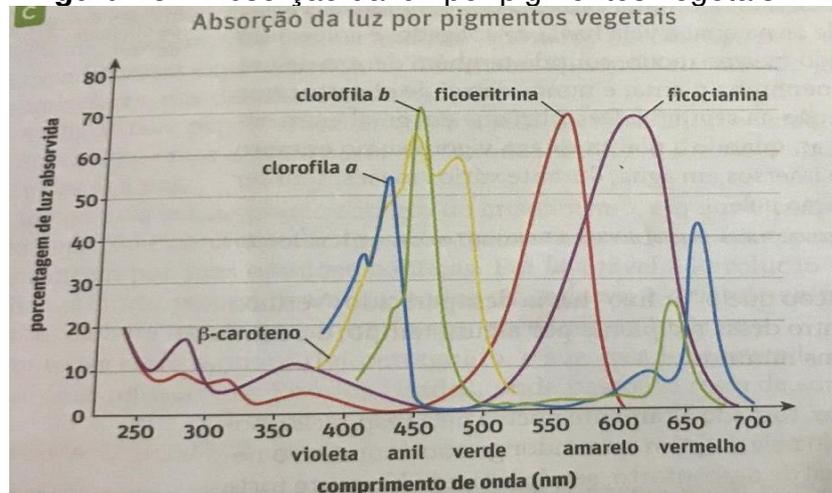


Fonte: Catani et al, (2013, p.126)

Os carotenos e as xantofilas, pigmentos que absorvem luz de comprimentos de onda entre 380 nm e 500 nm, têm coloração que variam do amarelo ao vermelho. São

encontrados em algas multicelulares e plantas (imagem A). Por exemplo, o pigmento vermelho do tomate é um caroteno chamado licopeno, e o pigmento alaranjado da cenoura é o betacaroteno. As xantofilas são pigmentos amarelados presentes em algas e em algumas plantas.

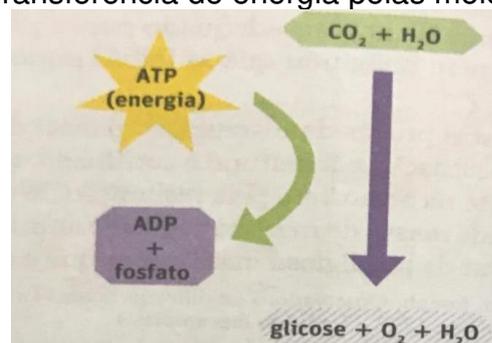
Figura 13 – Absorção da luz por pigmentos vegetais



Fonte: Catani et al, (2013, p.127)

Ainda com base no livro de Catani et al, (2013) a fotossíntese pertence à classe dos fenômenos endotérmicos, ou seja, fenômenos que necessitam de energia para ocorrer, já que a energia do produto é maior do que a dos reagentes da qual o processo necessita, ou seja, a oxigênio possui maior energia do que a água e o gás carbônico. Então os pigmentos fotossensíveis capturarão a energia e esta será utilizada na geração de ATP em um primeiro momento, e serão essas moléculas de ATP que fornecerão por sua vez a energia necessária para a segunda etapa da fotossíntese, a etapa química, como mostra a figura, seguida pela outra imagem que demonstra a equação da etapa luminosa da fotossíntese, e onde P representa o fosfato inorgânico:

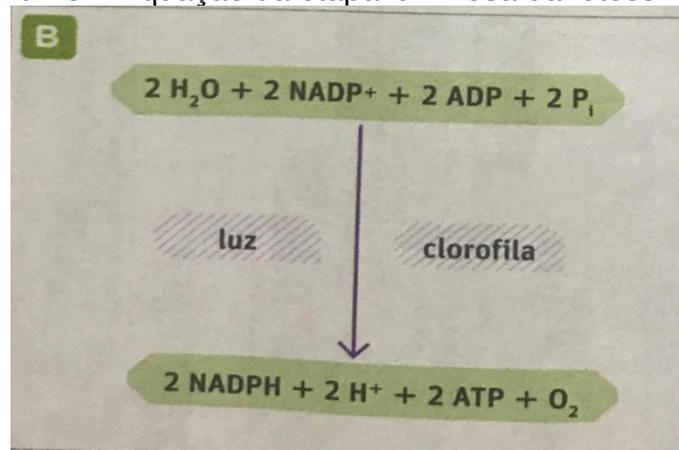
Figura 14 – Transferência de energia pelas moléculas de ATP



Fonte: Catani et al, (2013, p.126)

A representação abaixo representa o que ocorre na fase luminosa, ou ainda fase clara. Ela ocorre nos tilacóides, localizados dentro dos cloroplastos, e se inicia a partir da excitação dos elétrons que a luz gera quando incide sobre as moléculas das clorofilas e dos carotenoides. Esses elétrons, ao se desprenderem, vão se reorganizar e formar a adenosina trifosfato (ATP), a partir da adenosina difosfato (ADP). Ou seja, a geração de energia luminosa em energia química:

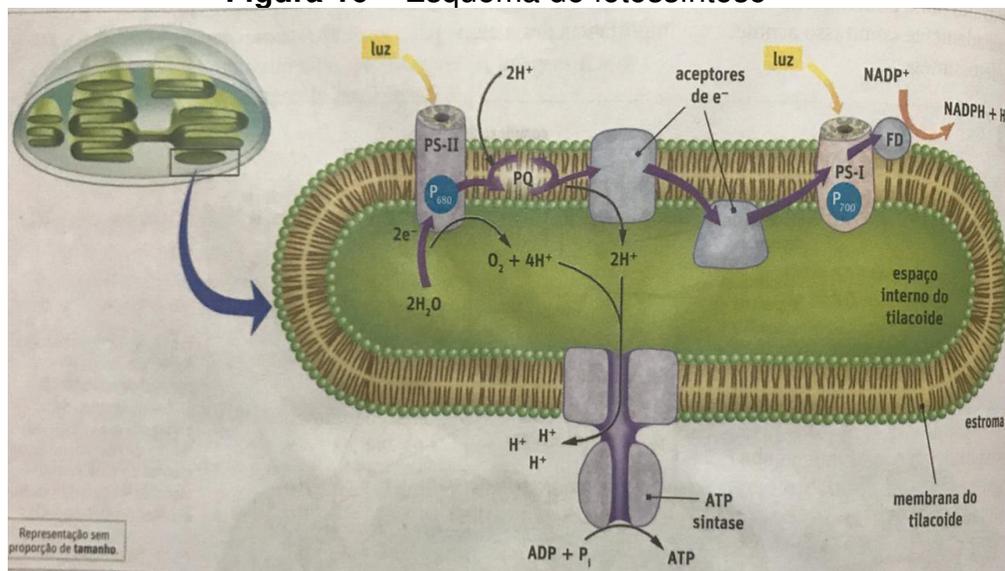
Figura 15 – Equação da etapa luminosa da fotossíntese



Fonte: Catani et al, (2013, p.126)

A seguir a imagem esquematiza o processo total da fotossíntese, onde a energia da luz vai por várias moléculas de pigmento e chega ao elétron da molécula de clorofila e é captado por um receptor de elétrons:

Figura 16 – Esquema de fotossíntese



Fonte: Catani et al, (2013, p.131)

O livro *Ser Protagonista* é um material didático que aborda os temas da Biologia acompanhado de muitas imagens e atividades, contextualizando sempre a ciência dentro da história (os boxes sobre isso são de grande importância nesse sentido). Além disso, dentro da parte do Manual do professor, Brasil (2012), há sugestões de muitas atividades passíveis de serem aplicadas em sala de aula, como jogos, projetos e pesquisas, e traz alertas sobre possíveis erros a serem encontrados em outras fontes disponíveis.

5.3 Matemática e fotossíntese: entrelaçamentos

O objetivo de construir cada quadro apresentado no capítulo anterior e de apresentar o conteúdo sobre a fotossíntese nos livros didáticos é para entender como está sendo abordado o tema no Ensino Médio, pois são termos e conteúdos complexos. Então, observamos qual a estratégia usada pelos autores para facilitar o entendimento do aluno aos termos e ao processo. Produzir um livro didático exige atenção ao público que vai recebê-lo e usá-lo como apoio de material pedagógico.

Habitualmente, quando pegamos um livro científico na biblioteca para ler esperamos encontrar uma linguagem formal, e geralmente confiamos no que está escrito nele. Assim, como os alunos confiam no livro didático que a escola lhe oferece, esperando aprender uma linguagem formal. Na página 125 do livro de Linhares; Gewandsznajder (2013), uma parte da página está destacada em cor rosa, nela os autores dissertam sobre alguns fatos históricos de como iniciaram as primeiras investigações sobre o processo de fotossíntese e alguns pesquisadores que contribuíram para que hoje saibamos como ocorre este processo, com objetivo de instigar a curiosidade dos leitores. Observamos neste trecho o uso de uma palavra de senso comum que foi usada por Linhares; Gewandsznajder (2013, p. 125), da seguinte maneira “[...] o salgueiro estava 75 kg mais pesado, mas que a terra do vaso diminuía em apenas 57 kg. [...]”, peso é uma força e referir-se que o salgueiro estava 75 kg mais pesado é usar o termo “mais” e “pesado” de forma comum e não científica, pois na realidade o salgueiro teve um aumento de massa.

E, mesmo nesta eventualidade, além do fato histórico podemos explorar nesta citação conteúdos matemáticos, como uma das operações básicas, sinais, conjunto dos números inteiros e unidades de medida:

$$+75 \text{ kg} - 57 \text{ kg}$$

Podemos perceber que para o experimento citado no livro de Linhares; Gewandsznajder (2013), utiliza água do mar para que possa ser realizado, e assim devemos nos atentar para a realidade do aluno que recebe este livro como auxílio de estudo, pois é um livro de alcance nacional e nem todos que o recebem têm acesso ao mar como alguns alunos que vivem na região Norte, Centro Oeste do Brasil. Os exemplos usados para explicar alguns conteúdos, servem para ajudar na compreensão do aluno, com isso os exemplos devem ser elaborados ou escolhidos com atenção, principalmente aqueles que são relacionados com o cotidiano, pois deve ser levado em consideração a realidade que abrange o maior número possível de alunos. Sendo assim, podemos adaptar um experimento para vegetais cultivados em água doce.

Nesse momento acreditamos que seja possível apresentamos alguns conceitos matemáticos que podem ser explorados no conteúdo do fenômeno da fotossíntese. Começaremos por um dos fatores importantes deste fenômeno, a luz. Ela é um tipo específico de energia, denominada energia eletromagnética (ou radiação eletromagnética). Esse tipo de energia viaja em ondas eletromagnéticas, cujo tamanho, denominado comprimento de onda, que é a distância entre duas cristas da onda, medida em nanômetro, e é variável. (CATANI et al., 2016,126).

Um elemento articulador de nossa pesquisa é a luz, nos dois livros identificamos diversas imagens que podem favorecer o aspecto interdisciplinar. A luz é importante para que aconteça o fenômeno de fotossíntese. Os livros analisados, assim como outros, usam as unidades de medidas matemáticas como nm (nanômetro), para falarem sobre o comprimento das ondas para fazerem referências as dimensões das células ou suas organelas, e todas essas unidades estão relacionadas a matemática:

A luz do Sol, forma primária de energia radiante que incide na Terra, iluminando-a e aquecendo-a, é composta por diferentes comprimentos de onda, mas o olho humano só consegue distinguir uma parcela deles, entre 400 e 700 nanômetros, aproximadamente. É o que se denomina espectro de luz visível. Comprimentos de onda acima dessa faixa, isto é, maiores que 700 nm – como o infravermelho, as micro-ondas e as ondas de rádio –, ou abaixo dela, isto é, menores que 400 nm – como o ultravioleta, os raios X e os raios gama – não são visíveis pelo olho humano. luz solar não tem cor, mas, quando atravessa um prisma, se decompõe em várias cores, popularmente denominadas “cores do arco-íris”. Cada cor equivale a uma determinada faixa de comprimento de onda. Por exemplo, o menor comprimento de onda visível pelo olho humano (cerca de 400 nm) corresponde à cor violeta, e o maior (cerca de 700 nm), à cor vermelha. Ao chegar às plantas e a outros seres fotossintetizantes, a luz solar pode ser captada, absorvida ou refletida por diferentes moléculas, denominadas pigmentos. A cor de cada pigmento é resultado do comprimento de onda refletido: por exemplo, a clorofila é verde

porque reflete o comprimento de onda correspondente a essa cor, em torno de 540 nm (CATANI et al., 2016, 126).

Podemos mostrar aos alunos a matemática presente nestas unidades de medida, como aparece na citação acima, assim como suas conversões, e ainda explorar os conceitos de inverso proporcional. Iniciaremos com as conversões de quilômetros para metros, em seguida para centímetros, até chegarmos na unidade de nanômetro.

Sabemos que em 1 km tem 1000 m. Assim, podemos construir esse modelo:

$$Km \rightarrow m = (x) km \times 1.000 = (y)m$$

Exemplo: para pensar sobre a influência da intensidade de luz que incide sobre uma planta e o quanto de oxigênio ela produz a partir disso, precisamos entender a quantidade de luz que chega até ela. Devido a isso queremos converter 3 km em metros, ou seja, temos $x = 3$ encontraremos o valor de y , e assim até chegarmos nos nanômetros. Isso é útil porque o quilômetro, metro e o centímetro são unidades de medidas que podem ser visualizadas com facilidade, ao andar pelas ruas conseguimos fazer um cálculo aproximado de quantos quilômetros ou metros caminhamos, olhar para um prédio e saber quantos metros aproximados ele tem, mas não podemos dizer com facilidade qual o tamanho da lua ou o tamanho de uma onda de luz. Deste modo, sabemos que para dissertar sobre a fotossíntese é essencial dissertamos sobre a luz para podermos indagar como fazemos para medi-la, pois a luz é uma radiação eletromagnética que se propaga por ondas que só podem ser vistas quando estão entre 400 nm e 700 nm. Usando o método de substituição:

$$3km \rightarrow m = (3) km \times 1000 = (3000) m$$

Em seguida, vamos mostrar os modelos de conversões que podem ser usadas:

$$km \rightarrow m = (x) km \times 1000 = (y) m$$

$$m \rightarrow km = (x) m \div 1000 = (y) km$$

$$m \rightarrow cm = (x) m \times 100 = (y) cm$$

$$cm \rightarrow m = (x) cm \div 100 = (y) m$$

$$cm \rightarrow mm = (x) cm \times 10 = (y) mm$$

$$\begin{aligned}
 mm &\rightarrow cm = (x) mm \div 10 = (y) cm \\
 mm &\rightarrow \mu m = (x) mm \times 1000 = (y) \mu m \\
 \mu m &\rightarrow mm = (x) \mu m \div 1000 = (y) mm \\
 \mu m &\rightarrow nm = (x) \mu m \times 1000 = (y) nm \\
 nm &\rightarrow \mu m = (x) nm \div 1000 = (y) \mu m
 \end{aligned}$$

O exemplo da lua em comparação com o tamanho da onda de luz, faz conosco reduzimos a unidade de medida, por exemplo, quando pesquisamos na internet ou em livros qual o tamanho da lua encontramos normalmente em quilômetros e a onda de luz em nanômetros. “Um nanômetro corresponde à bilionésima parte de 1 metro, ou seja, à divisão do metro em 1 bilhão de partes” (LEVADA, 2010, 55), digamos que o nanômetro é ínfimo entre as unidades apresentadas neste capítulo.

Vamos aplicar a regra de três para transformar a unidade de quilômetros da lua para milímetros:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ km} &\rightarrow 1000000 \text{ mm} \\
 3.474,2 \text{ km} &\rightarrow x \\
 \Rightarrow 1 \text{ km} \times x &= 3.474,2 \text{ km} \times 1000000 \text{ mm} \Rightarrow 1 \\
 \text{km } x &= 3,4742^9 \text{ km mm} \\
 \Rightarrow x &= \frac{3,4742^9 \text{ km mm}}{1 \text{ km}} \\
 \Rightarrow x &= 3,4742^9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ou

$$x = 3.474.200.000 \text{ mm}$$

Para que possamos visualizar as conversões podemos fazer a seguinte relação:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ nm} &\rightarrow 10^{-9} \text{ m} \rightarrow 10^{-7} \text{ cm} \rightarrow 10 \times 10^{-13} \text{ km} \\
 1 \text{ km} &\rightarrow 1000 \text{ m} \rightarrow 100.000 \text{ cm} \rightarrow 10^{12} \text{ nm}
 \end{aligned}$$

Se escrevermos todos os algarismos que são indicados pelos expoentes e analisarmos os processos ocorridos acima, podemos chegar no conceito de inverso proporcional. Para lezzi et; al (2004) “A igualdade entre duas razões recebe o nome de proporção. Na proporção = $\frac{3}{5} = \frac{6}{10}$ — (“lê-se: 3 está para 5 assim como 6 está para

10”), os números 3 e 10 são chamados extremos, e os números 5 e 6 são chamados meios”. Observamos que o produto $3 \times 10 = 30$ é igual ao produto $5 \times 6 = 30$, o que caracteriza a propriedade fundamental das operações: “Em toda proporção, o produto dos meios é igual ao produto dos extremos” (IEZZI et; al 2004, p. 304). Se usarmos os zeros indicados pelos expoentes, teremos:

$$1 \text{ nm} \rightarrow 0,00000010 \text{ cm}$$

$$10.000.000 \text{ nm} \rightarrow 1 \text{ cm}$$

Agora, fazemos o produto dos extremos e o produto dos meios

$$1 \text{ nm} \times 1 \text{ cm} = 1$$

$$10.000.000 \text{ nm} \times 0,00000010 \text{ cm} = 1$$

Ou seja, 1 *nm* está para 1 *cm*, assim como 10.000.000 *nm* está para 0,00000010 *cm*. Então, podemos ver que o processo de fotossíntese pode ser apreendido com qualidade quando se entende que ela depende de alguns fatores para ser realizada, que acontece por etapas e uma delas analisada nos apresenta uma relação de proporcionalidade. Ou seja, para se entender de forma completa o processo, conceitos de matemática são fundamentais. Quando a planta está no escuro ela passa pelo processo de fotossíntese, porém com velocidade menor que de quando está exposta a claridade, pois no escuro ela respira o oxigênio e na claridade ela o produz, como dito anteriormente. Essa relação, está em gráficos que foram apresentados em outro capítulo desta pesquisa.

Ao mesmo tempo, o caminho inverso, de lançar mão de exemplos da Biologia para o ensino de Matemática também é possível e viável, e ajudaria a desmontar as dificuldades que alunos encontram em seu aprendizado, como dito anteriormente, devido ao fato de muitas vezes a disciplina apresentar-se distante do dia a dia dos alunos. Exemplificar e demonstrar como a matemática está aí também, como por exemplo na respiração das plantas que produzem o ar e também o alimento que eles consomem traz exemplos práticos. E o uso da fotossíntese é apenas uma das ferramentas para se trazer a matemática para a realidade. São muitos os assuntos possíveis de serem abordados nesse espectro, como área de genética, saúde do

adolescente, modelagens climáticas para explicar estatística e probabilidade por exemplo.

A quantidade de oxigênio que é produzido pela planta está diretamente relacionada a quantidade de iluminação que ela recebe, ou seja:

$$\frac{\text{Oxigênio produzido}}{\text{Oxigênio consumido}} = \frac{\text{Claridade}}{\text{Escuro}}$$

Em Catani et al., (2013), essas etapas são explicadas de maneira diferente, porém, com a mesma finalidade de explicar essa proporção. “A etapa fotoquímica da fotossíntese, portanto, gera gás oxigênio (liberado para a atmosfera), produz ATP

(utilizando na etapa química) e NADPH +H+ (também utilizado na etapa química)”. As fórmulas usadas por ambos os autores de ambos os livros, para resumir o processo de fotossíntese, são chamadas de equações balanceadas e são estudadas especificamente na química, o que mostra também a interdisciplinaridade com mais uma disciplina.

Na matemática estudamos as equações, são elas “toda sentença matemática aberta que exprime uma relação de igualdade. A palavra equação tem o prefixo “equa”, que em latim quer dizer “igual””. (SILVA; COSTA, 2014, p.15). Portanto, quando balanceamos essas fórmulas estamos trabalhando similarmente com conceitos da matemática.

Vimos que explorando o conteúdo de unidades de medidas temos um campo abrangente de conteúdos matemáticos, como regra de três simples, potenciação, multiplicação, divisão, notação científica, equações, etc.

Então supomos que um professor pergunta aos seus alunos se é possível relacionar um conteúdo de biologia com a fotossíntese com a matemática. Os alunos podem rapidamente responder que não há essa possibilidade, apesar de citarem as disciplinas de química ou física, pelo fato de a biologia utilizar fórmulas dessas disciplinas. E com os exemplos apresentados acima se pode explorar o contrário disso, de forma clara e objetiva, trabalhando a interdisciplinaridade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho percebemos o quão delicado pode ser elaborar conteúdo para um livro didático e como pode ser rico em informações. Cada livro mostrou sua particularidade na linguagem e no uso de figuras.

Em relação a planta apresentada no segundo livro podemos concluir a variedade de nomes que podemos usar para o mesmo ser, mesmo que seja na mesma região. Portanto, ao apresentarmos exemplos podemos indagar qual o conhecimento do aluno sobre aquele objeto ou ser que está sendo utilizado para o estudo, a importância da contextualização.

É importante trabalharmos com exemplos que abarcam o máximo possível da realidade do aluno, pois sabemos que na educação encontramos diversos obstáculos para termos uma boa qualidade de ensino, que vão desde aspectos materiais disponíveis para o docente aplicar a matéria de forma adequada, a própria grade curricular que pode se encontrar muito descolada da realidade de cada aluno.

Assim, trazer no ensino de matemática, tida como uma matéria não tão palpável, conteúdos sempre elaborados em torno de exemplos reais podem ser de fundamental importância para a aprendizagem do aluno, e a biologia, como demonstrado durante todo o trabalho, tem esse potencial, pois possibilita articulação interdisciplinar que vão desde os primórdios do mundo, com a fotossíntese, assunto que permeou todo o trabalho, mas também outras áreas dessa ciência, como já destacado aqui.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Rosiléia. Noção de Fotossíntese: obstáculos epistemológicos na construção do conceito científico atual e implicações para a educação em ciência. **Revista Virtual**. Candombá - v. 1, n. 1, p. 16 – 32, jan – jun 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2012 – Biologia Ensino Médio**. Brasília, 2011.
- CATANI, André; et al. **Ser protagonista: Biologia**. 3. ed. São Paulo: Lia Monguilhott Bezerra, 2013. (I Série Ensino Médio).
- DURE, Ravi Caju; et al. **Ensino de Biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno do ensino médio relaciona com o seu cotidiano?** Em *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 01, 2018.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. 16. ed. Campinas- São Paulo: Papirus, 1994.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade: Um projeto em parceria**. 6. ed. São Paulo: Loyola, 1991.
- GARCIA, Elias. **Pesquisa bibliográfica versus revisão bibliográfica: uma discussão necessária**. *Revista Línguas e Letras*, volume 17, número 35. 2016.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Biologia**. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011.
- HUETE, J. C. Sánchez; BRAVO, J. A. Fernández. **O Ensino Da Matemática: Fundamentos Teóricos E Bases Psicopedagógicas**. Ed. Penso, 2006.
- IEZZI, Gelson et al. **Matemática: Ciência e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2004. (I série ensino médio).
- JUNIOR, Geraldo Bull da Silva. **Biologia e Matemática: Diálogos possíveis no Ensino Médio**. XII EBRAPEM. 2008. (Encontro)
- JUNIOR, Geraldo Bull da Silva; GAZIRE, Eliane Scheid. **Ensino de Biologia e Matemática: possibilidades de influencias mútuas**. XIII CIAEM. 2011. (Encontro)
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica** - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.
- LEVADA, Celso Luis; LEVADA, Miriam de Magalhães Oliveira. Do quilômetro ao nanômetro. **Gestão e Tecnologia: Faculdade Delta, Goiânia**, p.54-57, mar. 2010.

Disponível em:

<http://www.faculadadedelta.edu.br/revista/edicao_4/DO_QUILOMETRO_AO_NANO_METRO_ano1_ed4_pg_54_57.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2019.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia hoje: Biologia**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013. (I série ensino médio).

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia hoje: Biologia**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013. (II série ensino médio).

LIPORINI, Thalita Quatrocchio **A disciplina escolar Biologia na Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio: expressões da pós-modernidade e do neoliberalismo** - Bauru, 2020, 210 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 1. ed. -- São Paulo: Cortez, 2013.

SCHULZ, Peter A. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**: Sociedade Brasileira de Física, Campinas, v. 8, n. 1, p.4-9, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num1/v08n01a02.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

SILVA, Alexandre de Azevedo; COSTA, Gabriella Marques Pereira da. **Equações do Primeiro Grau**: Uma proposta de aula baseada na análise de livros. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática (profmat), Instituto de Matemática Pura e Aplicada Mestrado em Matemática- Profmat, Rio de Janeiro, 2014.

TOMAZ, Vanessa Sena; DAVID, Maria Manuela Martins Soares. **Interdisciplinaridade e aprendizagem da Matemática em sala de aula**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.